

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Р. Досон, Д. Эллиот, У. Эллиот, К. Дж.
СПРАВОЧНИК БИОХИМИИ

Перевод с английского
канд. хим. наук В. Л. Друцы
и канд. хим. наук О. Н. Королевой



Москва «Мир»
1991

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие	6
Как пользоваться книгой	7
Принятые сокращения	9
1. Аминокислоты, амины, амиды, пептиды и их производные	11
2. Карбоновые кислоты, спирты, альдегиды и кетоны	38
3. Эфиры фосфорной кислоты (кроме нуклеотидов и коферментов)	56
4. Компоненты нуклеиновых кислот и родственные соединения	71
5. Спектральные данные и pK_a для пуринов, пиримидинов, нуклеозидов и нуклеотидов	88
6. Витамины и коферменты	99
7. Углеводы и родственные соединения	123
Нуклеозиддифосфосахара	139
8. Липиды и жирные кислоты с длинными углеводородными цепями	142
9. Стероиды	159
10. Порфирины и родственные соединения	174
А. Желчные пигменты и родственные соединения	174
Б. Порфирины (исключая хлорофиллпорфирины)	175
В. Железопорфирины (гемы, гемины)	177
Г. Хлорофиллы и родственные пигменты	178
11. Каротиноиды	195
12. Регуляторы роста растений	200
13. Антиметаболиты, антибактериальные агенты и ингибиторы ферментов	209
А. Вещества, влияющие на нуклеиновые кислоты	209
Б. Ингибиторы синтеза белка и аналоги аминокислот	226
В. Вещества, влияющие на функции мембран	233
Поверхностно-активные вещества	233
Лектины	240
Ингибиторы транспорта	242
Ионофоры и родственные каналообразующие соединения	246
Г. Ингибиторы функций митохондрий и хлоропластов	251
Д. Ингибиторы синтеза и функция стероидов	261
Е. Другие ингибиторы ферментов	263
14. Фармакологически активные соединения	282
15. Синтетические и природные субстраты	293
А. Доноры, переносчики и акцепторы электронов	293
Б. Субстраты пептидаз	304
Определение активности пептидаз	304
В. Субстраты и индукторы гликозидаз	308
Г. Субстраты фосфатаз	311
Д. Субстраты эстераз и липаз	314
16. Биохимические реагенты	316
А. Протекторные реагенты	316
Б. Реагенты для модификации белков	319
17. Константы устойчивости комплексов металлов	334
А. Хелатирующие агенты	336
Б. Соединения, используемые в биохимических исследованиях и их способность связывать металлы	340
В. Нуклеотидные комплексы металлов	344
18. pH, буферные системы и физиологические среды	347
Стандартизация и измерения pH	347
Константы диссоциации кислот и оснований	347
Измерение pH. Общие замечания	347
Свойства буферных растворов. Общие замечания	348
Стандартные растворы (N. B. S.) для измерения pH при 0-95°C	350

Первичные стандарты	350
Вторичные стандарты	351
Буферные растворы для pH 1–13	354
Буферы для электрофореза	369
Буферные системы для электрофореза на основе однозарядных ионов	369
Кисотно-основные индикаторы	372
Физиологические среды	373
19. Гель-электрофорез	376
Перекристаллизация акриламидов	376
Краситель кумасси синий для белков	376
Окрашивание белков солями серебра	376
Окрашивание РНК	376
Окрашивание ДНК бромидом этидия	377
Флюорография пластин акриламидных гелей	377
Литература по гель-электрофорезу	377
20. Бумажная и тонкослойная хроматография в биохимии. Методики разделения	379
1. Кислоты	379
Летучие жирные кислоты	379
Высшие жирные кислоты	379
Определение кислот, участвующих в метаболизме углеводов	380
Общие методы	380
Кислоты и гидроксикислоты ароматического ряда	381
Трикарбоновые кислоты	381
2. Альдегиды и кетоны	381
Обнаружение	381
3. Амины	382
Обнаружение. Общие методы	382
Первичные амины	382
Вторичные амины	383
Третичные амины, четвертичные аммониевые соединения и алкалоиды	383
Специальные методы	383
Этаноламин	384
Холин	384
Эфиры холина	384
Имиды глутаровой кислоты, карбаматы, уреиды	384
<i>o</i> -Аминофенолы, индолы	384
<i>o</i> -, <i>m</i> - и <i>p</i> -Аминофенолы	384
Ароматические амины, сульфонамиды	385
Индоламины	386
Катехоламины	386
Катехоламинтриацетаты	388
4. Аминокислоты и пептиды	388
Групповые реагенты	389
D-Аминокислоты	391
Специфические реагенты	391
Тирозин	391
Триптофан и родственные соединения	392
Гистидин	392
Фенилаланин	393
Серусодержащие аминокислоты	393
Глицин	393
Аргинин	393
Гуанидины	393
Орнитин	394
Иминокислоты (пролин и гидроксипролин)	394
Многократное окрашивание	394
Производство аминокислот	394

ДНФ-аминокислоты	394
Фенилтиогидантоины и гидантоины	394
«Дансил»-аминокислоты	394
Пептиды	394
5. Углеводы	396
Общие методы	396
Восстанавливающие сахара	397
Альдозы	399
Кетозы и пентозы	400
Кетозоаминокислоты	402
Сахароспирты, гликоли, дезоксисахара и гликали	402
Сахарокислоты	403
Гексозамины	404
Полисахариды	404
6. Тироксин и родственные соединения	405
7. Липиды	406
Общие реагенты для обнаружения методом опрыскивания или погру- жения	406
Специальные растворы для обнаружения методом опрыскивания или погру- жения	407
8. Фенолы и родственные соединения	408
Обнаружение по окраске или флуоресценции	408
Реагенты для введения заместителей	409
Другие реагенты для замещения	409
Окислители	410
Хелатирующие агенты	410
9. Эфиры фосфорной кислоты	411
10. Пурины, пиримидины, нуклеозиды и нуклеотиды	411
Общие методы	412
Пурины	412
Пиримидины	412
Рибонуклеозиды	413
Дезоксирибонуклеозиды	413
Нуклеотиды	413
Пиридиннуклеотиды	413
Флавины	413
11. Стероиды	414
Ненасыщенные связи	414
Кетоны	414
Альдегиды	415
Спирты	415
Кислоты	416
Эфиры и лактоны	416
Фенолы	416
Восстанавливающие центры	417
Огненные реакции	417
Сапогенины	418
Конъюгаты	418
Другие определения	419
12. Витамины	422
Жирорастворимые витамины	422
Витамин А	422
Витамин D	422
Витамин Е (токоферолы)	423
Витамин К	423
Водорастворимые витамины	424
Тиамин и его производные	424

	Пиридоксин	424
	Никотиновая кислота и родственные соединения	424
	Пантотеновая кислота и ее производные (кофермент А)	425
	Инозит	425
	Аскорбиновая кислота	425
21.	Носители для ионообменной и аффинной хроматографии и гель-фильтрации	427
	1. Ионообменные смолы	427
	а) Анионообменные смолы	428
	б) Катионообменные смолы	430
	2. Ионообменники на основе целлюлозы	433
	а) Анионообменные смолы	434
	б) Катионообменные смолы	436
	3. Декстрановые и агарозные ионообменники	437
	4. Носители для гель-фильтрации	439
	а) Сефадексы и биогели марки Р	439
	б) Носители на основе гелей агарозы	442
	в) Сефакрил	444
	5. Аффинная хроматография	444
	А. Активированные агарозы	446
	Б. Агарозы с присоединенными спейсерами	447
	Лиганды, используемые в коммерчески доступных аффинных сорбентах	451
22.	Радиоактивные изотопы	454
	Определения	454
	Формулы и соотношения	455
	Некоторые радиоактивные изотопы, используемые в биохимических исследованиях	457
	Поглощение β -частиц и γ -лучей	458
	Измерения методом сцинтилляций в жидкой фазе	458
23.	Биохимические методы	461
	1. Методики разделения белков	461
	2. Методы определения белка	464
	3. Методы количественного определения нуклеиновых кислот	467
	4. Растворы для создания градиента плотности	468
	5. Осадители белков	472
24.	Определения, формулы и понятия	474
	1. Концентрация и плотность концентрированных кислот и аммиака (приблизительные значения)	474
	2. Давление – температура (для автоклавов)	474
	3. Центрифужное поле (g)	475
	4. Спектрофотометрические понятия	475
	5. Оптическое вращение	475
	6. Окислительно-восстановительный потенциал	476
	7. Единицы ферментативной активности	477
	8. Растворимости газов. Коэффициенты Бунзена	477
25.	Атомные массы	478
	Предметный указатель	481

Предисловие к русскому изданию

Перед читателем справочник, авторы которого Р. Досон, Д. Эллиотт, У. Эллиотт и К. Джонс—известные биохимики, крупные специалисты каждый в своей, но достаточно широкой области. Перед ними стояла сложная задача—обобщить накопленные бурно развивающейся в последние десятилетия биохимической наукой знания по основным классам соединений, включить также методики, нашедшие применение в биохимии и смежных ей областях химии, фармакологии, биоорганической химии, молекулярной биологии, агрохимии, энзимологии. По широте охватываемого материала это издание можно оценить как уникальное; неудивительно поэтому, что книга выдержала уже три издания на английском языке. Это прямое свидетельство и несомненного успеха авторов, и актуальности подобного издания, особенно возросшей в последнее время, когда к традиционным объектам биохимических исследований—продуктам природного происхождения—добавилось громадное число их синтетических аналогов, появилось множество новых методических приемов. Без добротного находящегося всегда под рукой справочника разобраться в огромном потоке современной биохимической информации было бы трудно даже опытному «узкому» специалисту, не говоря уже об армии исследователей, работающих в пограничных областях науки, на стыке биохимии с молекулярной биологией, агрохимией, фармакохимией, физиологией.

Предлагаемый «Справочник» может служить прекрасным пособием, отвечающим самым строгим требованиям к подобным изданиям. Большая заслуга авторов состоит в логичной, хотя и не совсем традиционной для справочника систематизации материала: она сделана с учетом прежде всего биохимических функций, что позволяет быстро находить описание соединений самых различных классов в интересующей читателя области. Не меньшее удовлетворение у читателя должен вызвать и тот факт, что авторы не просто ограничились перечислением многих соединений с описанием их химических и физико-химических свойств, но и в подавляющем большинстве случаев дали указания на оригинальные работы, где описаны биохимические свойства, методы выделения или синтеза; кроме того, по возможности приводятся способы применения в медицине, фармакологии, агрохимии и других областях. Особую ценность представляют уникальные в справочной литературе разделы по субстратам ферментов, ингибиторам биохимических процессов, биохимическим реагентам. В книгу вошли также очень важные для экспериментаторов разделы, касающиеся описания конкретных аналитических методов, методов приготовления растворов различных реагентов, буферных систем, физиологических сред; при этом многочисленные таблицы в этих разделах чрезвычайно облегчают практические лабораторные расчеты. Хотя справочник и не претендует на исчерпывающее представление всех сведений о химических соединениях, материалах и методах, вовлеченных «в орбиту» биохимических исследований, тем не менее он охватывает подавляющее большинство важнейших и наиболее часто используемых из них. Этой книгой можно пользоваться и как методическим руководством, и как учебным пособием для биохимических практикумов и, наконец, как сборником ценных лабораторных прописей для повседневной работы.

Публикация подобного справочного издания на русском языке давно стала насущной необходимостью. Вышедшие достаточно давно «Справочник по биохимии» (Калинин Ф. Л. и др.—Киев: Наукова думка, 1971) и «Биохимический справочник» (Кучеренко Н. Е. и др.—Киев: Вища школа, 1979) не только стали библиографической редкостью, но и сильно устарели и, кроме того, не охватывают новейших разделов биохимии. В процессе работы над переводом номенклатура химических соединений была приведена в соответствие с требованиями IUPAC, материал приведен в более компактной, но удобной для работы форме с соблюдением, где это было возможно, алфавитного порядка.

Нет сомнений в том, что «Справочник биохимика» займет достойное место на книжных полках научных библиотек и получит постоянную «прописку» во многих научных и учебных лабораториях биохимиков, биооргаников, молекулярных биологов, генетиков, иммунологов, работающих как в фундаментальных, так и прикладных областях науки.

Предисловие

При подготовке третьего издания мы вновь имели своей целью обеспечение биохимиков необходимой информацией в достаточно краткой форме так, чтобы это было удобно для пользования в каждой лаборатории. Мы не делали попыток охватить все. Основной подход приборе материала — его полезность как можно большему числу читателей. Фактически мы пытались рассмотреть только основные направления, представляющие интерес для любого охимика. При таком подходе довольно обширный материал, используемый специалистами в дивидуальных исследованиях, исключается; однако по узкой тематике нетрудно получить дробные сведения по другим источникам информации. Между двумя крайними случаями, когда нигу включался общеупотребительный материал (например данные по буферным растворам), исключался такой, в котором нуждаются немногие читатели (например, данные по редко гречающимся метаболитам), находилась промежуточная область чисто субъективных решений и отборе материала. Естественно, что такие решения не могут удовлетворять всем практи- жим ситуациям, но нас вдохновляли длительный читательский интерес к книге и высокий спрос предыдущее издание, что свидетельствует о правильности нашего подхода, обеспечивающего альные нужды лабораторий.

В настоящее издание по сравнению с более ранними какой-то материал был или вообще не пючен, или обновлен; справочник был также дополнен актуальными для биохимиков и лекулярных биологов данными. Благодаря коммерческой доступности некоторых биохических препаратов были опущены методики получения многих соединений, так как читатель терь уже не нуждался в таком описании; с развитием прецизионных методов выделения отпала же необходимость в приведении здесь методик анализа многих веществ. Литература цити- ется только там, где она может пригодиться. Вещества в таблицах следуют алфавитному рядку, как и в предыдущих изданиях; однако особое значение придается их объединению по нкциям в разделы, поэтому читатель, с одной стороны, может оценить представительность равочника по числу охваченных веществ, а с другой — легко найти индивидуальные соединения.

Очень многие разделы нами были переработаны с привлечением такого большого числа ших коллег, что просто невозможно здесь назвать их всех; некоторые разделы были в очень ачительной степени переработаны специалистами, о чем мы скажем ниже. Заметим, однако, что ончательный отбор и представление материала всегда делались нами, авторами, и, следо- гельно, только мы и несем всю ответственность за упущения и недостатки книги. В этом дании не указаны авторы разделов, так как в связи с исправлениями и перестановками териала трудно теперь связать определенный раздел с именем какого-то одного автора. Мы гим еще раз поблагодарить тех, кто внес свой вклад в предыдущие издания, положенные в нову настоящей книги.

Мы глубоко благодарны за помощь при подготовке настоящего издания Р. Симарку (разд. 9 «теройды»), Дж. Баррату (разд. 10 «Порфирины и родственные соединения»), Н. М. К. Кайе изд. 16, Б «Реагенты для модификации белков»), Д. Перрин (разд. 17 «Константы устойчивости мплексов металлов»), Р. Симонсу (разд. 19 «Гель-электрофорез»).

Авторы

Как пользоваться книгой

I. О таблицах биохимических соединений и сводном предметном указателе соединений.

1) *Сведения о биохимических соединениях* приведены в таблицах; соединения в разделы сгруппированы по типам. В некоторых случаях помещение соединения в данную главу может быть спорным. Имеется довольно много перекрестных ссылок на таблицы других разделов, а также указаны синонимы, используемые в других разделах; сводный предметный указатель включает все соединения и их наиболее используемые синонимы. Настоятельно рекомендуется пользоваться указателем при выяснении, включено ли интересующее соединение в таблицы и в какие именно разделы.

2) *Температуры плавления и кипения.* Если специально не оговорено, значения приведены для давления 760 мм рт. ст.

3) *Величины оптического вращения.* Оптическая активность охарактеризована данными по удельному вращению (обычно для D-линии натрия); температура измерения указана в виде верхнего индекса. Если данные относятся к другим длинам волн, то длина волны (Å) указана с помощью нижнего индекса. Концентрация вещества, если такие данные приводятся, указана в граммах на 100 мл.

4) *Растворимость.* Эти данные указаны в граммах вещества на 100 мл растворителя. Температуру, при которой определялась растворимость, приведена в верхнем индексе; при отсутствии этого индекса данные относятся к комнатной температуре, т. е. 15–25°C.

II. Литературные источники

Указание литературных источников имеет целью помочь читателю (а не отдать должное ведущим исследователям в соответствующей области). Как правило, не приводятся ссылки на методы получения тех веществ, которые легко могут быть приобретены за небольшую цену. Для названий журналов и книг использованы следующие сокращения (авторы работы опущены):

ABB	Archives of Biochemistry and Biophysics
Ann	Liebig's Annalen der Chemie.
ARB	Annual Review of Biochemistry
BBA	Biochimica et Biophysica Acta
BBRC	Biochemical and Biophysical Research Communications
Ber.	Chemische Berichte (go 1947 Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft)
Biochem. Preps.	Biochemical Preparations (Wiley and Sons Inc., New York)
BJ	Biochemical Journal
BZ	Biochemische Zeitschrift
EJB	European Journal of Biochemistry
JACS	Journal of the American Chemical Society
JBC	Journal of Biological Chemistry
JCS	Journal of the Chemical Society
JMB	Journal of Molecular Biology
Meth. Biochem. Anal.	Methods of Biochemical Analysis, ed. D. Glick (Wiley-Interscience Inc., N. Y.)
Meth. Enzymol.	Methods in Enzymology, ed. S. P. Colowick and N. O. Kaplan (Academic Press)
PNARMB	Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology
PNAS	Proceedings of the National Academy of Sciences

Принятые сокращения

абс.– абсолютный
аморф.– аморфный
анал.– анализ, аналитический
атм.– атмосфера (ед. измерения)
атм.– атмосфера
ац.– ацетон
[α]_D^t – удельное оптическое вращение для D-линии натрия при температуре *t*
безводн.– безводный
бел.– белый
бенз.– бензол
бесцв.– бесцветный
биол.– биологический
в т. ч. – в том числе
в-во – вещество
в. б. – внутрибрюшинный
в. в. – внутривенный
в. м. – внутримышечный
водн.– водный
возд.– воздух
восплам.– воспламеняется
выд.– выделенный, выделение
выветр.– выветривающиеся
вязк.– вязкий
газ.– газовый
ГЖХ – газожидкостная хроматография
гекс.– гексагональный
гигр.– гигроскопичный
гидрол.– гидролиз, гидролизуется
гл.– глава
гл. обр.– главным образом
гор.– горячий
гр.– группа
давл.– давление
диам.– диаметр
диморф.– диморфный
добавл.– добавление
ДМСО – диметилсульфоксид
ДМФА – диметилформамид
диморф.– диморфный
доп.– дополнительный
др.– другие
ед.– единица(ы)
желт.– желтый
ж. к. т. – желудочно-кишечный тракт
жидк.– жидкость, жидкий
завис.– зависимость
значит.– значительный, значительно
идент.– идентификация
ИК – инфракрасный

инерт.– инертный
исп.– испарять(ся), испарение
использ.– использование
кисл.– кислый, кислота
кол-во(а) – количество(а)
комн. т. – комнатная температура
конк.– конкурентный
конц.– концентрация, концентрированный
крист.– кристаллы, кристаллический, кристаллизация
лед.– лед, ледяная
м.– мало
М – молекулярная масса
медл.– медленно
мес – месяц
м./м. – масса на массу
м./об. – масса на объем
м. р. – малорастворимый
минер.– минеральный
мон.– моноклинный
тах – максимум
min – минимум
нагрев.– нагревание, нагревать
нас.– насыщенный
напр.– например
нед – неделя
нейтр.– нейтральный
неорг.– неорганический
непоср.– непосредственно
неуст.– неустойчив
н. р. – нерастворимый
об.– объем
об./об. – объем на объем
окисл.– окисление, окисляется
опр.– определение
опт.– оптимум, оптимальный
орг.– органический
орторомб.– орторомбический
ос.– осадок
особ.– особенно
отн.– относительно
о.– очень
о. п. р. – очень плохо растворим
оч.– очистка
пар.– паровой
пат.– патологический
перекр.– перекристаллизовать
пересыщ.– пересыщенный
петр. эф.– петролейный эфир
пир.– пиридин

. к. – подкожный	тв. – твердый
л. – плечо	темп. – температура
лотн. – плотность	т. к. – так как
огл. – поглощение	ТСХ – тонкослойная хроматография
олуч. – получение, получается	тол. – толуюл
ракт. – практически	т. – точка
реп. – препарат	трикл. – триклинный
рибл. – приблизительно	$t_{\text{зам}}$ – температура замерзания, °С
ризм. – призматический	$t_{\text{кип}}$ – температура кипения, °С
роизв. – производное	$t_{\text{пл}}$ – температура плавления, °С
рям. – прямоугольный	$t_{\text{разл}}$ – температура разложения, °С
– растворим	укс. – уксусная
азб. – разбавленный	ум. – уменьшается
азл. – разлагается, с разложением (после $t_{\text{пл}}$ ли $t_{\text{кип}}$)	усл. – условия
аспл. – расплывающийся	уст. – устойчив
аст. – растительный	УФ – ультрафиолетовый
аств. – раствор, растворимый	флуор. – флуоресценция (A – максимум возбуждения; F – максимум флуоресценции)
аств-ль(и) – растворитель(и)	хол. – холодный, на холоду
аств-сть – растворимость	х. р. – хорошо растворим
-ция – реакция	хроматограф. – хроматография, хроматографический
омб. – ромбический	ц. н. с. – центральная нервная система
(сс.) – страница(ы)	ч – час
– концентрация (г/100 мл)	чувств. – чувствительность
альн. – сильный	щел. – щелочной, щелочь
инт. – синтез	экв. – эквивалентный
т. – слабый	эксп. – экспериментальный
тед. – следы	экстр. – экстрагированный
иеш. – смешивающийся	эф. – диэтиловый эфир
м. – смотри	яд. – ядовитый
э. – сравни, сравнительно	∞ – неограниченно смешивающийся
/бл. – сублимация, сублимирует	

1. Аминокислоты, амины, амиды, пептиды и их производные

Оптически активные соединения. Включены сведения о соединениях, обнаруживающих оптический изомеризм (оптических изомерах, т. е. энантиомерах и рацемических (DL-) смесях), а также алло- и мезо-изомерах. Как правило, подробно приведены свойства только одного оптического изомера, обычно наиболее распространенного в природе. Свойства другого изомера аналогичны, за исключением того, что знак оптического вращения противоположен.

Пептиды. Включено несколько физиологически активных пептидов. Пептиды, используемые в качестве субстратов для определения активности пептидаз, включены в разд. 15 «Искусственные и природные субстраты».

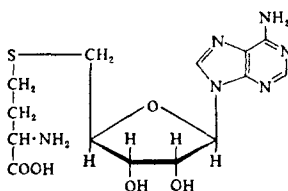
Литература.

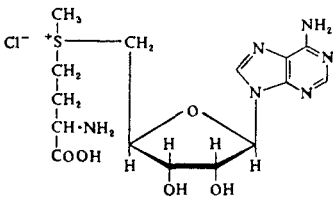
Greenstein J. P. Winitz M. Chemistry of the amino acids, 3 volumes, Wiley, 1961.

Meister A. Biochemistry of the amino acids, 2 volumes, Academic Press, 1965.

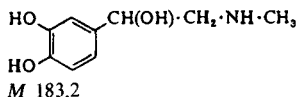
Номенклатура. Номенклатурные правила для α -аминокислот см. в [BJ 149, 1 (1975); Biochem. 14, 449 (1975)]. Символы для производных аминокислот и пептидов см. в [BJ 126, 773 (1972); EJB 27, 201 (1972); JBC 247, 977 (1972)].

pK_a (в скобках температура, °C). Большинство данных взято из работ [Perrin D. D. Dissociation constants of organic bases in aqueous solution, Butterworths, 1965; Perrin D. D. Dissociation constants of organic bases in aqueous solution: Supplement 1972, Butterworths, 1972].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
S-Аденозилгомоцистеин (5'-S-(3-амино-3-карбоксипропил)-5'-тиоаденозин; S-(5'-дезоксаденозин-5')гомоцистеин)	 M 384,4	DL: маленькие призмы. L: бесцв. спрессованные иглы. $t_{пл}$ 210. $[\alpha]_D^{25}$ 37 ($c = 1,3$ в 0,05 М H_2SO_4). $[\alpha]_D^{23}$ +44,5 ($c = 1$ в 0,05 М HCl). Раств-сть: р. гор. H_2O; м. р. хол. H_2O, $EtOH$; о. п. р. эф. Медл. окисл. до сульфоксида в тв. состоянии и в раств., от окисл. предохраняют добавки дитиогликоля. Хранят в тв. виде в атм. инерт. газа при низкой темп. Гидрол. в кисл. раств., напр. 0,1 М HCl, 100°C, 90 мин, до S-рибозилгомоцистеина. Не гидрол. в нейтр. или щел. раств., напр. уст. в 0,1 $NaOH$, комн. т. 10 мин; быстрее окисл. в щел. раств. Нейтр. раств., содержащие дитиогликоль, при комн. т. уст. длительное время. Спектр: при pH 7 λ_{max} 260 нм, ϵ 16000. Получ. и оч. см. [Anal. Biochem. 15, 323 (1966); 35, 505 (1970); Biochem. Preps. 8, 8 (1961); J. Org. Chem.

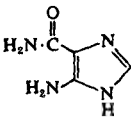
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
S-Аденозилметионин (активный метионин; SAM; S'-[(3-амино-3-карбоксипропил)метилсульфоний]-5'-дезоксаденозин; S-(5'-дезоксаденозин-5')метионин)	 Свободный катион: M 399,4 Хлорид: M 434,9 Бромид: M 479,3 Иодид: M 526,4 Кислый сульфат: M 496,5	Соли: крист. тв. в-ва. Хлорид и иодид гигр.; иодид о. м. гигр. L-Хлорид $118 \div 122$ (разл.) $[\alpha]_D^{24} +48,5$ (в 5 М НСl). Бромид: $[\alpha]_D^{24}$ (с = 1 в H_2O). Раств-сть: L-хлорид в MeOH при pH 2; р. H_2O; м. р. при pH 6; кислый сульфат х. г. Неуст. во многих усл., вероятно вследствие примесей, если не по особые меры предосторожности галогениды неуст., иодид при 3° на 12% в течение 1 нед., при 2-30%, стабилизируется при добавлении Li (10–20%). В тв. сох. устойчивы кислый сульфат (при 6 мес разл. <3%) и дисульфат толуолсульфоната. Отн. уст. в раств., о. неуст. в щел. При pH 3 за 1 нед. разл. 14%, более уст. в кисл., напр. 1 М НСl или 6 М HCl. Полн. разл. в 0,1 М NaOH при 100° за 10 мин. Медл. разл. при нейтр. напр. при pH 6,6 и 30° за 24 ч 10%, при pH 7,8 32%, при pH 8 100%. Хранят в виде раств. с pH 2,5 ≤ –20°C, но не более 1 мес. можно нагрев. только непосредств. и нельзя смешивать с раств. до самого последнего момента в анал. методиках реакции инициации преимущественно путем добавления аденозилметионина. Спектр: при pH 7 260 нм, ε 15400, при pH 1 λ_{max} 280 нм, ε 15200. Известны 4 стереоизомера: природное соединение – L-изомер (левосторонний), (–)-изомер (сульфоний-центр) [JACS 81, 3975 (1959)]. и оч. см. [JBC 244, 682 (1969)]. Enzymol. 17B, 393 (1971); Anal. B 15, 323 (1966)].

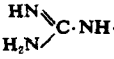
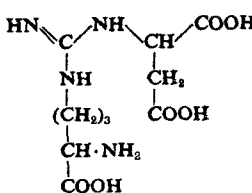
D-Адрениалин (4-[1-гидрокси-2-(метиламино)этил]-1,2-бенздиол; 1-(3,4-дигидрокси-фенил)-2-метиламиноэтанол; эпинефрин; супраренин)



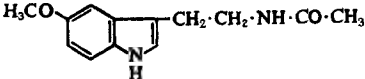
Бел. крист. тв. в-во. $t_{пл}$ 21 (разл.) $[\alpha]_D^{25} -53,2^{22 \div 25}$ (с = 1, в 5 М НСl); $-50,6^{17}$ (с = 7,5 в 0,37 М HCl). Раств. лед. укс. кисл., минер. кисл., щел. H_2O , EtOH; н. р. эф., ал., СНСl. Патомиметический агент, действует на сердце и сосуды, расслабляет гладкие мышцы. Главный медиатор мозгового слоя надпочечников, стимулирует гл. обр. на метаболизм глюкозы и жирных кислот. Природный адреналин – D-изомер (по D-миндальной железе). Неуст. в водн. раств. при щел. pH и при нагрев. Ср. уст. в водн. раств. при pH 5 на хол. Водн. раств. имеет щел. реакцию. В тв. виде на свету медл. коричневеет.

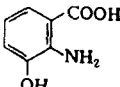
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Аланин (2-аминопропионовая кислота; Ala)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 89,1	Иглы или призмы. Сублим. $> 200^\circ\text{C}$. $[\alpha]_D^{25}$ L +14,6 ($c = 2,0$ в 5 М HCl); +1,8 ($c = 2,0$ в H_2O). pK_a 2,35; 9,87. Раств-сть: DL: 16,6 ²⁵ ; 32,2 ⁷⁵ H_2O ; 0,084 ²⁵ 90%-ный EtOH; 0,0087 ²⁵ EtOH; н. р. эф.; L: 16,65 ²⁵ ; 28,5 ⁷⁵ H_2O ; о. п. р. EtOH; н. р. эф., ад. L-Гидрохлорид: призмы; разл. 204; $[\alpha]_D^{26}$ +8,5 ($c = 9,3$ в H_2O).
β -Аланин (3-аминопропионовая кислота)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ M 89,1	Бесцв. призмы. $t_{пл}$ 207 (разл.). Разл. 199. Сублим. pK_a 3,55; 10,24. Раств-сть: 54,5 ²⁵ H_2O ; 0,017 ²⁵ EtOH; н. р. эф., ад., CHCl_3 . Разл. в щел. при 37°C , давая аммиак и акриловую кисл. Моногидрохлорид: $t_{пл}$ 122,5; р. H_2O , м. р. EtOH.
Аллантаин (5-уреидогидантоин)	$ \begin{array}{c} \text{NH}-\text{CO} \quad \text{NH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{CO} \quad \quad \text{CO} \\ \quad \quad \\ \text{NH}-\text{CH}-\text{NH} \end{array} $ M 158,1	Бел. призмы или пластинки. $t_{пл}$ 238. pK_a 8,96. Раств-сть: 0,76 ²² H_2O ; 3,3 гор. H_2O ; 0,2 EtOH; н. р. эф. Щел. гидр. до аллантаиновой кисл., которая в разб. щел. не меняется, но в 0,05 М HCl при 100°C за 2 мин гидр. до глиоксиловой кисл. и мочевины. рН нас. водн. раств. 5,5.
2-Аминоадипиновая кислота (2-аминогексацидиковая кислота; α -аминоадипиновая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 161,2	Крист. тв. в-во. DL: $t_{пл}$ сильно варьирует; 165 ÷ 202 (разл.). L: 206 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L +3,2 ($c = 2$ в H_2O); +25,0 ($c = 2$ в 5 М HCl). pK_a 2,14; 4,21; 9,77. Раств-сть: 0,22 ⁴⁰ H_2O ; м. р. EtOH, эф. Свободная кисл. циклизуется в кипящей H_2O до пиперидонкарбоновой кисл.: DL $t_{пл}$ 177 ÷ 178; D $[\alpha]_D^{25}$ -16,5 ($c = 2$ в H_2O); -41,5 ($c = 2$ в 6 М HCl). Синт. DL, D и L см. [Anal. Biochem. 43, 282 (1971); 55, 411 (1973)].
Аминоацил-транспортная РНК (аминоацил-тРНК)	тРНК с аминоацильной группой, присоединенной к 2'- или 3'-гидроксильной группе концевой остатка аденозина. Аминоацильная группа быстро мигрирует между 2'- и 3'-положениями, причем каждый изомер имеет период полупревращения ≤ 1 мс. Равновесная смесь содержит 2'- и 3'-изомеры в соотношении 1:2.	Бел. аморф. порошок; гигр. Раств-сть: р. H_2O , 1 М NaCl; н. р. EtOH. Аминоацил-тРНК получ. в результате р-ции между аминокислотами, АТР и тРНК, катализируемой аминоацил-тРНК-синтетазой (ферментами, активирующими аминокислоты). Методы получ. смешанных и индивидуальных тРНК, синтетаз и аминоацил-тРНК см. в [Meth. Enzymol. Vols. 6, 12 A, 12 B, 20, 29, 30, 59 и 60]. Аминоацил-тРНК при рН > 6 быстро гидр. до аминокислоты и тРНК; период полупревращения в 0,1 М трис-буфере (рН 8,6) при 37°C 2–65 мин в завис. от природы аминокислотного остатка. Скорость гидр. увел. при щел. рН (трис-буфер), с увел. темп. или ионной силы, уменьш. при ацилировании аминогруппы аминокислоты [BBA 281, 228 (1971); Biochim. 56, 383 (1974)]. Аминоацильные гр. полн. удаляются 1–2 М трисом (рН 9–9,5) за 30–120 мин

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
2-Аминоизомасляная кислота (α -аминоизомасляная кислота; α -метилаланин; 2-амино-2-метилпропионовая кислота)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{C}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ M 103,1	при 37°C. Аминоацил-тРНК хранят в раств. или лиофилизованными при $\leq -20^\circ\text{C}$ и pH 5. Спектр, как у РНК; A_{260} 22–24 для 1 мг/мл раств. Бесцв. пластинки или призмы. Субл. 280. $t_{\text{пл}}$ 335 (в запаянной трубке). pK_a (25°C) 2,36; 10,21. Раств-сть: 13,72 ²⁵ H ₂ O; 0,483 ²⁵ 80%-ный EtOH; и. р. эф. Гидрохлорид: пластинки; разл. 236–237; р. H ₂ O, EtOH,
3-Аминоизомасляная кислота (α -метил- β -аланин; β -аминоизомасляная кислота; 3-амино-2-метилпропионовая кислота)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \cdot \text{CH}_2 \\ \text{CH}_2 \end{array} \text{CH} \cdot \text{COOH}$ M 103,1	(±): бесцв. призмы. $t_{\text{пл}}$ 177 ÷ 179. (–): пластинки. $t_{\text{пл}}$ 194 ÷ 196. $[\alpha]_D^{25}$ (–) –15,4 ²⁷ ($c = 1$ в H ₂ O) Раств-сть: р. H ₂ O. Субл. Гидрохлорид: (±); $t_{\text{пл}}$ 128 ÷ 129; (–), $t_{\text{пл}}$ 134 ÷ 138, $[\alpha]_D^{24}$ –10,7 ($c = 1$ в H ₂ O). (–)-изомер найден в моче. (+)-изомер (но не (–)) утилизируется дрожжами. Абс. конфигурация см. [JBC 236, 3283 (1961)]. Получ. (±) см. [Biochem. Preps. 7, 20 (1960)]; (–) [Anal. Biochem. 57, 82 (1974)].
5-Аминоимидазол-4-карбоксамид (5-амино-1H-имидазол-4-карбоксамид, AICA)	 M 126,1 Гидрохлорид: M 162,6	Бел. иглы. $t_{\text{пл}}$ 170 ÷ 171, Гидрохлорид: бел. иглы. $t_{\text{пл}}$ 255 ÷ 256 (разл.). Раств-сть: р. H ₂ O. Спектр: при pH 1 λ_{max} 240 нм (ϵ 9050) и 267 нм (ϵ 11200); при pH 7 266 нм (ϵ 12700); при pH 13 277 нм (ϵ 12500). Хромофор Браттога – Маршалла, λ_{max} 540 нм (ϵ 26400). Рибозид (5-амино-1-(β -D-рибофуранозил)имидазол-4-карбоксамид): бел. иглы; $t_{\text{пл}}$ 215 ÷ 216; $[\alpha]_D^{26}$ –63,0 ($c = 1$ в H ₂ O). Спектр: λ_{max} 267 нм (ϵ 11000) (pH 2), 12200 (pH 7), 12600 (pH 10,5).
5-Амиолевулиновая кислота (5-амино-4-оксепентановая кислота; δ -амиолевулиновая кислота)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{NH}_2$ M 131,1 Гидрохлорид: M 167,6	Крист. $t_{\text{пл}}$ 118 ÷ 119. Гидрохлорид: $t_{\text{пл}}$ 144 ÷ 151. pK_a 4,05; 8,90. Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH; о. п. р. Et-ацетат. Спектр: λ_{max} 266,5 нм, ϵ 23,0. В щел. образует 2,5-дизамещенный пиразин. Синт. см. [Biochem. Preps. 10, 6 (1963)].
2-Аминомасляная кислота (α -аминомасляная кислота; 2-аминобутановая кислота; бутирин)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 103,1	Листочки. Субл. >300. $[\alpha]_D^{25}$ L +20,6 ($c = 1 \div 2$ в 5 M HCl); +9,3 ($c = 1 \div 2$ в H ₂ O). pK_a 2,29; 9,83. Раств-сть: DL 28 H ₂ O; 0,18 ⁷⁸ EtOH; н. р. эф. L р. H ₂ O, лед. укс. кисл.; м. р. EtOH, эф. L-Гидрохлорид: иглы. $[\alpha]_D^{19}$ +12,9 ($c = 3,64$ в H ₂ O); р. H ₂ O.
4-Аминомасляная кислота (γ -аминомасляная кислота; пиперидиновая кислота; 4-аминобутановая кислота; ГАМК)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ M 103,1	Монокл. таблочки, пластинки или иглы. $t_{\text{пл}}$ 203 (разл.). pK_a 4,03; 10,56. Раств-сть: о. х. р. H ₂ O; м. р. EtOH; н. р. эф., безг. Тормозный нейромедиатор ц. н. с. млекопитающих и нейромышечных соединений ракообразных. Действие блокируется пикротоксином.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Ангиотензин (гипертензин; ангиотонин)	Asp-Arg-Val-Tyr-Ile-His-Pro-Phe (ангиотензин II) II: M 1046 Asp-Arg-Val-Tyr-Ile-His-Pro-Phe-His-Leu (ангиотензин I) I: M 1297 Приведены последовательности ангиотензинов человека, свиньи и лошади; у быка Ile⁵ замещен на Val.	Моногидрохлорид: $t_{пл}$ 135 ÷ 136; х. р. H₂O. Раств-сть: р. H₂O, водн. раств. при pH 5–8, EtOH. Ангиотензин II – наиболее активная форма; ангиотензин I обладает гораздо более низкой активностью. Повышает кровяное давл. (прессорный эффект), вызывая сокращение скелетных, брыжеечных и надпочечных сосудов; стимулирует секрецию альдостерона надпочечниками. Ангиотензин I образуется в результате действия ренина (протеолитического фермента) на ангиотензиноген в плазме и превращается в ангиотензин II специальным ферментом, который удаляет С-концевой дипептид. Ангиотензин II в крови и тканях сохраняется лишь кратковременно из-за дальнейшей деградации пептидазами. Уст. в нейтр. раств. Гидр. сильн. кисл. и при pH > 9,5. Адсорбируется на стекле из разб. раств.
Антраниловая кислота (о-аминобензойная кислота)	 M 137,1	Листочки (бел. до св.-желт.). $t_{пл}$ 146 ÷ 149. pK_a 2,05; 4,95. Раств-сть: 0,35¹⁴ H₂O; р. гор. H₂O; 10,7⁹ EtOH; 16,0⁷ эф. Спектр: при pH 7 λ_{max} 310 нм.
Аргинин (2-амино-5-гуанидиновалериановая кислота; 2-амино-5-гуанидинопентановая кислота; N-5-амидино-оритин; Arg)	 M 174,2 Гидрат: M 210,2	DL: $t_{пл}$ 238 (разл.). L: призм. + 2H₂O из H₂O; безводн. пластинки из EtOH. Разл. 244. α_D^{25} L + 27,6 (c = 2,0 в 5 M HCl); + 12,5⁵ (c = 2,0 в H₂O). pK_a 1,82 (COOH); 8,99 (NH₂); 12,48 (гуанидиновая гр.). Раств-сть: L: 15²¹ H₂O; м. р. EtOH; н. р. эф. Потеря Arg происходит при гидр. белка в присутствии сахара. Неуст. в гор. щел. Дигидрат теряет H₂O при 105°C. Гидрохлорид (L): разл. 235; р. H₂O; м. р. гор. EtOH.
L-Аргининянтарная кислота (N-[[[4-амино-4-карбоксибутил]амино]иминометил]-L-аспарагиновая кислота)	 M 290,3	O. гигр. порошок. Ва-соль: аморфный порошок. α_D^{25} + 16,4 (c = 2,9 в H₂O); + 26,6 (c = 2,9 в 0,5 M NaOH). pK_a 1,62 (COOH); 2,70 (COOH); 4,26 (COOH); 9,58 (α-NH₂); > 12 (гуанидиновая гр.). Раств-сть: х. р. H₂O; Ва-соль: х. р. H₂O; н. р. EtOH. Образует энзиматически неактивный ангидрид (р. H₂O, EtOH), особ. быстро при нагрев. или кисл. pH; ангидрид медл. гидр. до аргининянтарной кисл. в мягких щел. усл. При нагрев. образуются небольшие кол-ва второго ангидрида, который не может опять превращаться в аргининянтарную кисл. Некоторое кол-во разл., особ. при нейтр. pH и высокой темп. [BJ 77, 135 (1960); Biochem. 5, 1821 (1966)]. Свободная

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Аспарагин (полуамид 2-аминоянтарной кислоты; β-моиноамид аспарагиновой кислоты; Asn)	$\text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 132,1 Гидрат: <i>M</i> 150,1	аминокислота и ее Ва-соль уст. в течение многих мес. в тв. сухом состоянии при 0°C. Нейтр. водн. раств. не циклизуются в заметной степени в течение нескольких нед. при -18°C. Синт. см. [JBC, 204 , 95 (1953); Biochem. 5 , 1821 (1966)]. DL: бесцв. крист. + 1 H ₂ O. L: бесцв. крист. + 1 H ₂ O; <i>t</i> _{пл} 236 (разл.). α_D^{25} L + 28,6 (<i>c</i> = 2 в 1 М HCl); -5,6 (<i>c</i> = 2 в H ₂ O). <i>pK</i> _a 2,14; 8,72. Раств-сть: DL-моногидрат 2,16 ²⁵ H ₂ O; н.р. EtOH, эф.; L-моногидрат: 2,99 ²⁵ , 24,1 ⁷⁵ H ₂ O; 0,0003 ²⁵ EtOH; н.р. NH ₄ OH; н.р. эф. Уст. при 100°C в H ₂ O. 23% гидр. при 100°C в 5%-ной H ₂ SO ₄ за 5 мин.
Аспарагиновая кислота (2-аминоянтарная кислота; Asp)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 133,1	Бесцв. крист. DL: <i>t</i> _{пл} 278 ÷ 280. L: <i>t</i> _{пл} 269 ÷ 271. α_D^{25} L + 25,4 (<i>c</i> = 2 в 5 М HCl); +5,05 (<i>c</i> = 2 в H ₂ O). <i>pK</i> _a 1,99; 3,90; 9,90. Раств-сть: DL 0,82 ²⁵ , 4,79 ⁷⁵ H ₂ O; 0,032 ²⁵ 75%-ный EtOH; н.р. эф. L: 0,5 ²⁵ , 2,87 ⁷⁵ H ₂ O; 0,00016 ²⁵ EtOH; н.р. эф. Уст. к гор. минер. кисл. в присутствии сахаров. N-Ацетил-L-аспарагиновая кисл. масло, медл. превращающееся в микрокрист.; <i>t</i> _{пл} 142; [α] _D + 57 (в лед. укс. кисл.); х.р. H ₂ O.
Аспарагиновый полуальдегид (2-амино-4-оксобутановая кислота)	$\text{ONCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 117,1	Тв. в-во. Раств-сть: р. H ₂ O, минер. кисл. Неуст. в сухом тв. состоянии и в нейтр. раств. Раств. в HCl (0,25 4 М) уст. по крайней мере несколько сут. при ≤4°C предпочтительно в атм. инертн. газа. Уст. в течение 1 ч при 37°C и pH 8,6. Реагирует с трисом. Получ. см. [JBC 213 , 39 (1955); 249 , 6351 (1974)].
Ацетамид (этанамид)	CH_3CONH_2 <i>M</i> 59,1	Бесцв. распл. крист. <i>t</i> _{пл} 81–83. <i>t</i> _{кип} 222. Раств-сть: 97,5 ²⁰ , 178 ⁶⁰ H ₂ O, 25,0 ²⁰ , 257,1 ⁶⁰ EtOH, о.х.р. глицерин; р. CHCl ₃ ; м.р. эф. В очищенном виде без запаха, но часто имеет мышиный запах. Раств. имеет нейтр. р-цию. Может адсорбироваться на катионообменных смолах [Naturwiss. 42 , 580 (1955)].
N-Ацетилглутаминовая кислота	$\text{HOOC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \underset{\text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3}{\text{CH}} \cdot \text{COOH}$ <i>M</i> 189,2	L: крист. <i>t</i> _{пл} 199. [α] _D ²⁵ L -16,6 (<i>c</i> = 2 в H ₂ O); +3,9 (<i>c</i> = 2 в 1 М NaOH). Раств-сть: р. H ₂ O, щел., гор. EtOH.
Ацетил-β-метилхолинхлорид (метахолинхлорид; N-(2-ацетоксипропил)-N,N,N-триметиламмонийхлорид)	$(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OCOCH}_3$ Cl ⁻ Хлорид: <i>M</i> 195,7 Бромид: <i>M</i> 240,2 Иодид: <i>M</i> 287,1	Хлорид: сильно распл. иглоподобные крист. <i>t</i> _{пл} 172 ÷ 173. Бромид: гигр. крист. <i>t</i> _{пл} 147 ÷ 149. Иодид: негигр. крист. <i>t</i> _{пл} 138 ÷ 139,5. [α] _D ^{22,5} L + 27,0 (<i>c</i> = 2 иодида в 90%-ном EtOH). Раств-сть: х.р. H ₂ O, EtOH; р. CHCl ₃ ; н.р. эф.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
N-Ацетил-5-метокситриптамин (мелатонин; N-[2-(5-метокси-1 Н-индолил-3)-этил]-ацетамид)	 M 232,3	Парасимпатомиметический агент; проявляет гл. обр. мускариноподобное действие, особ. на сердечно-сосудистую систему, никотиноподобное действие незначительно. Действие более продолжительное, чем у ацетилхолина из-за меньшей чувствительности к холинэстеразам. Биол. активность имеет L-изомер. Быстро разл. щел. Водн. раств. слабокисл. (рН ~ 5), при стоянии медл. разл.; при 0–4°C следует хранить ≤ 2 нед. Хранить в тв. виде, без доступа возд. в защищенном от света месте. Иодид желтеет на возд. и свету. Св.-желт. листочки. $t_{пл}$ 116 ÷ 118. Субл. Раств.-сть: р. EtOH; м.р. H₂O, бенз.; о.п.р. петр. эф. Вырабатывается в шишковидной железе (эпифизе) млекопитающих. Осветляет цвет кожи путем снятия (обращения) действия меланотропина (MSH). λ_{max} (в 95%-ном EtOH) 223 нм (ε 27500) и 278 нм (ε 6300).
Ацетилхолин (ACh; соль N-2-ацетоксиэтил-N,N,N-триметиламмония)	$(\text{CH}_3)_3 \overset{+}{\text{N}} \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCOSCH}_3 \text{X}^-$ Свободное основание (гидроксид): M 163,2 Хлорид: M 181,7 Бромид: M 226,1 Иодид: M 273,1	Хлорид: о. гигр. иглы или призмы. $t_{пл}$ 149 ÷ 152. Сл. запаха амина, остросоленый вкус. Бромид: гигр. призмы. $t_{пл}$ 143. Иодид: негигр. крист. $t_{пл}$ 161. Раств.-сть (хлорид, бромид, иодид): х.р. H₂O, EtOH; р. CHCl₃; н.р. эф., бенз. Нейромедиатор в синапсах и нейроэффекторных соединениях, парасимпатомиметический агент. Действует как медиатор холинергических нервных волокон. Действие кратковременное из-за быстрого разрушения холинэстеразами, удлиняется в присутствии ингибиторов холинэстераз. «Никотиноподобное» действие блокируется никотином, гексаметонием или d-тубокурарином (в автономных ганглиях) и декаметонием или d-тубокурарином (скелетная мышца). «Мускариноподобное» действие (на гладкие мышцы и мышцы сердца, секрецию экзокринных желез) блокируется атропином. Водн. раств. имеет слаб.кисл. р-цию (рН ~ 5) и более уст. при рН 4; разл. при щел. рН или при нагрев. при нейтр. рН. Реагирует с гидроксиламином с образованием ацетгидроксамовой кисл.
Бетаин (глицинбетаин; N-карбоксиметил-N,N,N-триметиламмонийгидроксид, внутренняя соль)	$(\text{CH}_3)_3 \overset{+}{\text{N}} \text{CH}_2\text{COO}^-$ M 117,2 Гидрат: M 135,2	Бесцв. крист. + H₂O. Теряет H₂O 100. Разл. 310. Сладкий вкус. pK_a 1,83. Раств.-сть: гидрат 157¹⁹ H₂O; 8,6¹⁸ EtOH; о.п.р. эф. рН нас. раств. ~ 8. Изомеризуется при $t_{пл}$ в метиловый эфир диметиламиноуксусной кисл. Гид-

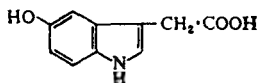
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Брадикинин	Arg-Pro-Pro-Gly-Phe-Ser-Pro-Phe-Arg M 1060	рохлорид: крист.; $t_{пл}$ 232 (разл.); раств-сть: 64,7 ²⁵ H ₂ O, 5 90%-ный EtOH, н. р. эф. Аморф. бел. порошок. $[\alpha]_D^{25}$ —76,5 ($c = 1,37$ в 1 М укс. кисл.). Раств-сть: р. H ₂ O, гор. MeOH, 70%-ный EtOH, лед. укс. кисл.; м. р. хол. MeOH, EtOH; о. п. р. ац., CHCl ₃ , эф., <i>n</i> -BuOH. Один из кининов плазмы, образующийся под действием протеолитических ферментов (калликреин, плазмин, трипсин, ферменты змеиного яда) на предшественник в плазме. О. мощное сосудорасширяющее средство, вызывает уменьшение кровяного давл., влияет на гладкие мышцы, повышает проницаемость капилляров, вызывает боль. Уст. в 0,1 М HCl при 100°C в течение 1 ч, в 0,1 М NaOH при комн. т. в течение 2 ч и в тв. состоянии при 0°C более длительное время.
Бутирилхолинхлорид	$(CH_3)_3 \overset{+}{N} CH_2CH_2OCO(CH_2)_2CH_3$ Cl M 209,7	Бел. распл. крист. Раств-сть: о. х. р. H ₂ O, EtOH; р. CHCl ₃ ; н. р. эф. Прогорклый запах. Быстро гидр. в кипящих кисл. Субстрат для псевдохолинэстеразы, гидролиз медл. гидр. ацетилхолинэстеразой.
Валин (2-амино-3-метилбутановая кислота; Val)	$\begin{matrix} CH_3 \\ \\ CH_2-CH(NH_2)-COOH \end{matrix}$ M 117,1	Листочки или призмы. DL: $t_{пл}$ 298 (разл.) (быстрое нагрев., запаянная трубка). L: $t_{пл}$ 315 (разл.; запаянная трубка). Субл. $[\alpha]_D^{25} + 28,3$ ($c = 1 \div 2$ в 5 М HCl); + 5,63 ($c = 1 \div 2$, в H ₂ O). pK_a 2,29; 9,74. Раств-сть: DL 7,04 ²⁵ , 12,6 ⁷⁵ H ₂ O; 0,5 ²⁵ 75%-ный EtOH; 0,015 ²⁵ EtOH; н. р. эф.; L: 8,85 ²⁵ , 10,2 ⁶⁵ H ₂ O; о. п. р. EtOH; н. р. эф.
Вазопрессин (антидиуретический гормон; адиуретин)	$Cys \rightarrow Tyr \rightarrow Phe \rightarrow Gln \rightarrow Asn \rightarrow Cys$ $H_2N-Gly \leftarrow Arg \leftarrow Pro$ аргининвазопрессин (человека, быка) В вазопрессине свиньи Arg замещен на Lys (лизинвазопрессин) [Arg ⁸]вазопрессин: M 1084 [Lys ⁸]вазопрессин: M 1056	Бел. аморф. порошок. Лизинвазопрессин: $[\alpha]_D^{22}$ —23,8 ($c = 0,5$ в 1 М укс. кисл.). Аргининвазопрессин: изоэлектрическая точка 10,9. Раств-сть: р. H ₂ O; н. р. ац. Гормон задней доли гипофиза. Основные действия: антидиуретическое, повышает кровяное давл. Уст. в кисл. раств., неуст. в щел. раств. Активность нарушается тиогликолятом. Чистый аргининвазопрессин ~400 Е/мг, лизинвазопрессин ~250 Е/мг.
3-Гидроксиантранилиловая кислота (2-амино-3-гидроксибензойная кислота)	 M 153,1	Листочки из H ₂ O. Бел. иглы после субл. $t_{пл}$ 250 $\div$ 252 (разл.); (230 $\div$ 265). Раств-сть: р. гор. H ₂ O, щел.; м. р. хол. H ₂ O, EtOH; н. р. эф. Субл. при пониженном давл. Спектр: в 0,1 М HCl λ_{max} 298 нм (ϵ 3000) и 235 нм (ϵ 6400); при

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

5-Гидроксииндолуксусная кислота (5-гидрокси-1H-индол-3-уксусная кислота; 5-гидроксигетероауксин)

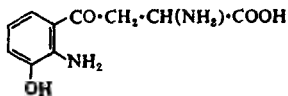


M 191,2

pH 7 $\lambda_{\max}$ 315–320 нм [Z. Naturf. **4b**, 327 (1949)]. Гидрохлорид: $t_{\text{пл}}$ 227.

Тв. в-во. $t_{\text{пл}}$ 160 ÷ 166. Раств-сть: р. H₂O, EtOH, Et-ацетат; м. р. эф. Спектр: $\lambda_{\max}$ 277 нм (ε 5200) и 299 нм (ε 7200) (в MeOH).

3-Гидроксикинуруенин (3-(3-гидроксиантралилоил)аланин; α, 2-диамино-3-гидрокси-γ-оксобензолбутановая кислота)

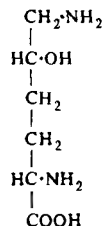


M 224,2

Гидрат: M 242,2

DL: $t_{\text{пл}}$ 223 (разл.). L: золотисто-желт. иглы + 1H₂O. $t_{\text{пл}}$ 180 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{27}$ L – 34 ($c = 0,17$ в H₂O); + 8,5 ($c = 0,17$ в 0,0152 M HCl). Раств-сть: р. гор. H₂O, MeOH, EtOH. Раств. спонтанно окисл. на возд. Водн. раств. бесцвет. при кисл. pH, желтый в щел. Спектр: при pH 7 $\lambda_{\max}$ 368 нм (ε 4050), 267 нм (ε 7630), 228 нм (ε 19000). Гидробромид (DL): р. H₂O; $t_{\text{пл}}$ 233 (разл.). Сульфат (DL): $t_{\text{пл}}$ 175. Получ. см. [Biochem. Preps. **7**, 62 (1960); **9**, 79 (1962)].

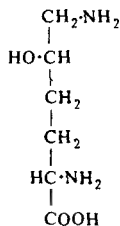
5-Гидроксилизин (δ-гидроксилизин; 2,6-диамино-5-гидроксигексановая кислота; Hyl)



5-гидрокси-L-лизин (эритро-5-гидрокси-L₈-лизин)

M 162,2

Гидрохлорид: M 198,6



алло-5-гидрокси-L-лизин (трео-5-гидрокси-L₈-лизин)

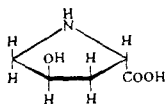
Гидрохлорид: бел. крист. $t_{\text{пл}}$ DL 233 ÷ 234 (разл.), алло-DL 239 ÷ 241 (разл.), L 225 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L + 17,8 ($c = 2$ свободного основания в H₂O); + 9,2 ($c = 2$ свободного основания в H₂O); алло-L + 31,4 ($c = 2$ свободного основания в 5 M HCl); + 10,9 ($c = 2$ свободного основания в H₂O). pK_a 2,13³⁸, 8,85²⁵, 9,83²⁵. Раств-сть: н- н алло- р. H₂O; н. р. MeOH, EtOH, ац., эф. В коллагене и родственных белках встречается эритро-5-гидрокси-L₈-лизин (н-изомер). Алло-5-гидроксилизин – трео-изомер. Большинство методов снит. приводит к смеси DL- и алло-DL-изомеров; н- и алло-изомеры можно разделить на ионообменной колонке [JBC **213**, 249 (1955)]. н-5-Гидрокси-L-лизин изомеризуется в 6 M HCl при 120°C в алло-5-гидрокси-D-лизин на 10% за 12 ч, 25% за 24 ч, так что в-во всегда частично изомеризовано, что для различных препаратов приводит к $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ от + 14,9 до – 4,5. Получ. оптических изомеров см. [Biochem. Preps. **8**, 55, 62 (1961); Bull. Chem. Soc. Japan **35**, 2006 (1962)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

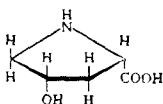
Свойства

4-Гидроксипролин (4-гидрокси-2-пирролидинкарбоновая кислота; Нур)



4-гидрокси-L-пролин (*транс*-4-гидрокси-L-пролин; *эритро*-4-гидрокси-L-пролин)

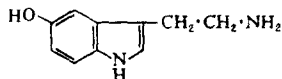
M 131,1



алло-4-гидрокси-L-пролин (*цис*-4-гидрокси-L-пролин; *трео*-4-гидрокси-L-пролин)

L: крист. $t_{пл}$: DL 247 (разл.); *алло*-DL 238 (разл.); L 274 (разл.); *алло*-L 240 (разл.) $[\alpha]_D^{25}$ L $-50,5$ ($c = 2$ в 5 М HCl); $-76,0$ ($c = 2$ в H_2O); *алло*-L $-18,8$ ($c = 2$ в 5М HCl); $-59,5$ ($c = 2$ в H_2O). pK_a L 1,82; 9,66. Раств-сть: DL и *алло*-DL р. H_2O ; о.п.р. EtOH; н.р. эф. L 36,1²⁵, 51,7⁶³ H_2O ; о.п.р. EtOH, н.р. эф. Соль Cu: DL, п.р. H_2O ; *алло*-DL, р. H_2O , н.р. EtOH; *н*- и *алло*-изомеры могут быть разделены перекр. соли Cu. Получ. оптических изомеров см. [JCS 1945, 429; JBC 195 383 (1952); Biochem. Preps. 8, 114 (1961)].

5-Гидрокситриптамин (серотонин; 5-гидрокси-3-(2-аминотил)индол; 5-HT)

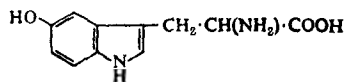


M 176,2

Гидрат креатининсульфата: M 405,4

Маленькие бесцветные слоистые пластинки. Креатининсульфат: белые призмы или пластинки +1 H_2O . $t_{пл}$ 219 $\div$ 221 (разл.). pK_a 9,8 (NH_2); 11,1 (OH). Раств-сть (креатининсульфат): 227, 10¹⁰⁰ H_2O ; р. лед. укс. кисл., м.р. MeOH, 95%-ный EtOH; н.р. EtOH, н.р. EtOH, ац., пир., эф., бенз., $CHCl_3$. Фармакол. активное в-во, стимулирует или ингибирует некоторые гладкие мышцы и нервы. Действне (гл. об. на сердечно-сосудистую, дыхательную и желудочно-кишечную системы), широко варьирует для различных видов и индивидуумов. Креатининсульфат уст. в раств. при всех рН в анаэробных усл., легко окисл. на возд., особ. при щел. рН; при нейтр. рН раств. уст. несколько ч. при комн. т. Спектр: при рН 3,5 λ_{max} 275 и 296 нм, при рН 11,6 275 и 322 нм, при рН 7 ϵ_{275} 5800. Гидрохлорид: $t_{пл}$ 167 $\div$ 168; гигр.; р. H_2O ; неуст. при комн. т.; фотолабilen.

DL-5-Гидрокситриптофан



M 220,2

Бесцвет. крист.; $t_{пл}$ DL 293 $\div$ 300 (разл.), L 273 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L $-32,5$ ($c = 1$ в H_2O); +16,0 ($c = 1$ в 4 М HCl). Раств-сть: 1⁵, 5,5¹⁰⁰ H_2O . Хранить в тв. виде под N_2 ; медл. разл. на возд. Кисл. раств. при $-10^\circ C$ на возд. уст. в течение года и более; при более высоких темп. и нейтр. или щел. рН чувствителен к O_2 . В атм. инерт. газа не разл., водн. раств. можно автоклавировать в отсутствие O_2 . Спектр: при рН 6 λ_{max} 278 нм, ϵ 5560, перегибы при 291 и 299 нм; при рН 11 λ_{max} 278 и 324 нм.

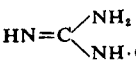
Гипотаурин (2-аминоэтансульфиновая кислота)

$H_2NCH_2CH_2SO_2H$

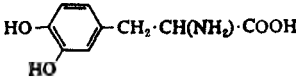
M 109,1

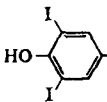
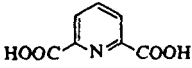
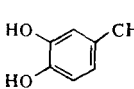
Гидрохлорид: M 145,6

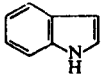
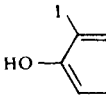
M . гигр. бел. иглы. $t_{пл}$ 171 $\div$ 178. Гидрохлорид: св.-желт. в сухом состоянии. pK_a 2,16; 9,56. Раств-сть: х.р. H_2O , EtOH, ац. Соли Zn и Ba: гигр.; р. в орг. раств-лях. Получ. см. [Biochem. Preps. 10, 72 (1963)].

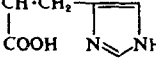
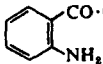
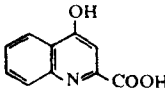
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Гиппуровая кислота (N-бен- зоилглицин)	 $\text{CO-NH-CH}_2\text{-COOH}$ <i>M</i> 179,2	Бесцв. ромб. крист. $t_{\text{пл}}$ 187,5 (разл.). pK_a 3,62. Раств-сть: 0,37 ²⁵ H ₂ O; м. р. EtOH, эф.; 0,11 ²⁰ CHCl ₃ ; н. р. бенз., petr. эф. Спектр: λ_{max} 230 нм, ϵ 10300.
Гистамин (1H-имидазол-4- этанамин; 4(5)-(2-аминоэтил)- имидазол)	 $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ <i>M</i> 111,2	Бел. распл. крист. $t_{\text{пл}}$ 83 ÷ 84. $t_{\text{кип}}$ 209 ÷ 210 ¹⁸ . pK_a 6,04 (имидазол); 9,75 (NH ₂). Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH, гор. CHCl ₃ ; н. р. эф. Мощное сосудорасширяющее средство, найденное в нормальных тканях и крови; вызывает сокращение гладких мышц, напр. кишечника и бронхов, стимулирует желудочную секрецию, активизирует окончания чувствительных нервов, вызывая зуд и боль. Дигидрохлорид: $t_{\text{пл}}$ 244 ÷ 246; р. H ₂ O, MeOH, EtOH; н. р. эф.; гор. CHCl ₃ 0,005.
Гистидин (α-амино-1H-ими- дазол-4-пропионовая кис- лота; His)	 $\text{CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-COOH}$ <i>M</i> 155,2	Крист. $t_{\text{пл}}$ 287 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L +11,8 (c = 2 в 5 M HCl); -38,5 (c = 2 в H ₂ O). pK_a 1,80 (COOH); 6,04 (имидазол); 9,33 (NH ₂). Раств-сть: DL р. H ₂ O; н. р. EtOH, эф., ал., CHCl ₃ ; L 4,16 ²⁵ H ₂ O; о. п. р. EtOH; н. р. эф., ал. Потери происходят при гидр. белков. Легко рацемизуется при нагрев. с H ₂ SO ₄ . L-Гистидин дигидрохлорид: крист.; $t_{\text{пл}}$ 245 ÷ 246; о. х. р. H ₂ O; н. р. EtOH, эф.
Гистидинол дихлоргидрат (β-амино-1H-имидазол-4- пропанол; 4-(2-амино-3-гид- роксипропил)имидазол)	 $\text{CH}_2\text{-CH(NH}_2\text{)-CH}_2\text{OH}$ $\cdot 2\text{HCl}$ <i>M</i> 214,1 Свободное основание: <i>M</i> 141,2	DL: ромб. пластинки. $t_{\text{пл}}$ 193 ÷ 195. L: $t_{\text{пл}}$ 198 ÷ 199. $[\alpha]_D^{18}$ -3,7 (c = 10 в H ₂ O); D +3,4 (c = 10 в H ₂ O). Раств-сть: р. H ₂ O; м. р. EtOH, MeOH; н. р. эф. Получ. см. [Biochem. Preps. 4, 46 (1955); BBA 273, 18 (1972)].
Гликоциамин (гуанидоуксус- ная кислота; N-амидиногли- цин; N-(аминоиминотетил)- глицин)	 $\text{NH-CH}_2\text{-COOH}$ <i>M</i> 117,1	Листочки или иглы из H ₂ O; разл. > 300. pK_a 2,82. Раств-сть: 0,45 ¹⁵ H ₂ O; о. п. р. EtOH, эф. Спектр: λ_{max} 214 нм, ϵ 310 (в BuOH:EtOH:H ₂ O = 1:1:2, рН 8).
Глицин (аминоуксусная кис- лота; гликокол; Gly)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ <i>M</i> 75,1	Бел. монокл. крист. Сладкий вкус. $t_{\text{пл}}$ 292 (разл.). Темнеет при 232 ÷ 233. pK_a 2,35; 9,78. Раств-сть: 25 ²⁵ , 54,4 ⁷⁵ H ₂ O; 0,043 ²⁵ 90%-ный EtOH; 0,0029 ²⁵ EtOH; 0,61 ²⁰ пир.; 0,032 ²⁵ MeOH; 0,00023 ²⁵ ад. Ацетилглицин: $t_{\text{пл}}$ 206.
Глутаминовая кислота (2- аминоглутаровая кислота; Glu)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH(NH}_2\text{)COOH}$ <i>M</i> 147,1	DL: бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ 225 ÷ 227 (разл.). L: бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ 247 ÷ 249 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L +31,8 (c = 2 в 5 M HCl); +12,0 (c = 2 в H ₂ O). pK_a 2,10; 4,07; 9,47. Раств-сть: DL 2,05 ²⁵ , 11,86 ⁷⁵ H ₂ O; о. п. р. EtOH, эф.; L 0,86 ²⁵ , 5,53 ⁷⁵ H ₂ O; 0,032 ²⁵ 75%-ный EtOH; 0,00027 ²⁵ EtOH; 0,007 ²⁵ MeOH; н. р. эф. В водн. раств. образует пирролидонкарбоновую кисл. медл.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
L-Глутамин (2-аминоглутаминовая кислота; Gln)	$\text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 146,2	при комн. т., быстрее при 100°C. Уст. к гор. минер. кисл. в присутствии сахаров. L-Глутаминовая кисл. имеет вкус мяса; D-изомер безвкусен. Моно-Na-соль L-глутаминовой кисл.: крист. +1 H ₂ O; х. р. H ₂ O, м. р. EtOH. N-Карбамоил-L-глутаминовая кислота: <i>t</i> _{пл} 160.
L-Глутатион восстановленный (L-γ-глутамил-L-цистеинилглицин; GSH)	$\begin{array}{c} \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH} \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_2 \qquad \text{CH}_2 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH}_2 \qquad \text{SH} \\ \\ \text{CH} \cdot \text{NH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <i>M</i> 307,3	Бел. иглы. <i>t</i> _{пл} 185–186 (разл.). [α] _D ²⁵ +31,8 (<i>c</i> = 2 в 1 M HCl); +6,3 (<i>c</i> = 2 в H ₂ O). <i>pK</i> _a 2,17; 9,13. Раств-сть: 3,6 ¹⁸ , 4,25 ²⁵ H ₂ O; 0,00046 ²⁵ EtOH; 0,0035 ²⁷ MeOH; н. р. эф., CHCl ₃ , Et-ацетат, ац., лед. укс. кисл. При кипячении в нейтр. водн. раств. или сл. кисл. раств. быстро превращается в аммонийную соль пирролидонкарбоновой кислоты.
L-Глутатион окисленный (GSSG)	<i>M</i> 612,6	Крист. <i>t</i> _{пл} 190 ÷ 192 (разл.). [α] _D ²⁷ –21,3 (<i>c</i> = 2 в H ₂ O). <i>pK</i> _a 2,12 (COOH); 3,59 (COOH); 8,75 (NH ₂); 9,65 (SH) [Adv. Protein Chem. 14, 272 (1959)]. Раств-сть: р. H ₂ O; н. р. EtOH, эф. В тв. состоянии GSH длительное время уст. на возд.; водн. раств. легко окисл. на возд. до GSSG. Обзор см. [Boyer <i>et al.</i> (eds.), The Enzymes, vol. 2, p. 253 (1960)].
Гомосерин (2-амино-4-гидроксипантеновая кислота; 2-амино-4-гидроксимасляная кислота)	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 119,1	Бел. крист. порошок. <i>t</i> _{пл} 182 ÷ 185. [α] _D ^t GSSG –93,9 (<i>c</i> = 1 в H ₂ O); –111,0 ¹⁶ , –146,1 (<i>c</i> = 1 в H ₂ O). Раств-сть: GSSG р. H ₂ O; н. р. EtOH, эф. GSSG: Тв. в-во, связывает ~2 моля растворителя (H ₂ O, EtOH, ац.) на моль GSSG; удаление раств-ля происходит при высокой темп. (>100°C) в высоком вакууме; лиофилизацией раств-ль не удаляется.
Гомоцистеин (2-амино-4-меркаптопантеновая кислота)	$\text{HSCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ <i>M</i> 135,2	Крист. <i>t</i> _{пл} DL 186 ÷ 187 (разл.): L 203 (разл.). [α] _D ^t L +18,3 ²⁶ (<i>c</i> = 2 в 2 M HCl); –8,8 ²³ (<i>c</i> = 1 ÷ 2 в H ₂ O) (свеже-приготовленные растворы). <i>pK</i> _a 2,71; 9,62. Раств-сть: DL 125 ³⁰ H ₂ O; о. п. р. EtOH, эф.; L 110 ³⁰ H ₂ O; н. р. EtOH. Уст. в нейтр. и щел. водн. раств., но при кисл. pH превращается в γ-лактон и/или дикетопиперазин, что сопровождается уменьш. [α] _D ^t . L-γ-Лактон гидрохлорид: крист.; [α] _D ²⁶ –27,0 (<i>c</i> = 5 в H ₂ O).

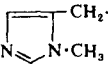
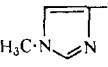
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Гомоцистин (4,4'-дитиобис-(2-аминобутановая кислота))	$\begin{array}{c} \text{S} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH} \\ \text{S} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH} \end{array}$ M 268,4	лактон · HCl: крист.; $t_{\text{пл}}$ 197 ÷ 201; $[\alpha]_D^{26}$ L +21,5 ($c = 1$ в H_2O). S-Бензильное произв.: крист.; $t_{\text{пл}}$ 240 ÷ 244; L $[\alpha]_D^{26}$ +27,2 ($c = 1 \div 2$ в 5 М HCl); м.р. H_2O , р. минер. кисл.; н.р. MeOH, EtOH. Получ. см. [Biochem. Preps., 5, 93 (1957)].
2,4-Диаминомасляная кислота (2,4-диаминобутановая кислота; γ-аминобутирин)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 118,1 Моногидрохлорид: M 154,6 Дигидрохлорид: M 191,1	Крист. DL $t_{\text{пл}}$ 263 ÷ 265. L $t_{\text{пл}}$ 282 ÷ 283 (разл.). $[\alpha]_D^{\text{разл.}}$ L +78 ²⁵ ($c = 1 \div 2$ в 5 М HCl); -16,0 ²¹ ($c = 0,06$ в H_2O). pK_a 1,59 (COOH); 2,54 (COOH); 8,52 (NH_2); 9,44 (NH_2). Раств-сть: DL 0,02 ²⁵ H_2O ; р. минер. кисл., щел. Преп. могут содержать мезо-соединения. Получ. см. [Biochem. Preps. 5, 93 (1957)].
Диаминопимелиновая кислота (2,6-диаминогептандиовая кислота)	$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 190,2 Гидрат: M 208,2	DL и L: моногидрохлорид; крист. из EtOH/ H_2O . $t_{\text{пл}}$ 228 ÷ 230 (разл.). Дигидрохлорид: крист. из смеси конц. HCl-лед. укс. кисл. $t_{\text{пл}}$ DL 202 ÷ 206 (разл.); L 197 ÷ 198. $[\alpha]_D^{\text{разл.}}$ L +7,2 ²⁵ ($c = 2$ свободного оснвания в H_2O); +24,2 ²⁵ ($c = 2$ моногидрохлорида в 5 М HCl); +14,6 ¹⁸ ($c = 3,67$ дигидрохлорида в H_2O). pK_a 1,85 ²⁰ (COOH); 8,24 ²⁰ (NH_2); 10,44 ²⁰ (NH_2). Раств-сть: р. H_2O , минер. кисл.
Диаминопимелиновая кислота (2,6-диаминогептандиовая кислота)	$\text{HOOCCH}(\text{NH}_2)(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 190,2 Гидрат: M 208,2	Мезо: безводн. крист. $t_{\text{пл}}$ >305. LL: крист. или порошок +1 H_2O . $[\alpha]_D^{\text{мезо}}$ 0,0 (в 2 М NaOH, 5 М HCl и 12 М HCl); LL, моногидрат +8,1 ²⁵ ($c = 5$ в H_2O); +45,1 ²⁴ ($c = 2,6$ в 5 М HCl). pK_a мезо и LL 1,8 (COOH); 2,2 (COOH), 8,8 (NH_2); 9,9 (NH_2). Раств-сть: мезо 0,92 ²¹ H_2O ; р. разб. минер. кисл., щел.; н.р. EtOH; LL х.р. H_2O ; н.р. EtOH. Мезо-форма менее растворима в H_2O , чем др. стереоизомеры, и легко может быть получена из смеси путем перекр. Разделение изомеров см. [Meth. Enzymol. 6, 624 (1963)]. Мезо-изомер имеет эритро-конфигурацию, а LL- и DD-изомеры трео-конфигурацию.
L-3,4-Дигидроксифенилаланин (L-ДОРА; ДОФА; лево-допа; 3-гидрокс-L-тирозин; 3-(3,4-дигидроксифенил)-L-аланин)	 M 197,2	Бел. крист. $t_{\text{пл}}$ 276 ÷ 286 (разл.). $[\alpha]_D^{\text{разл.}}$ -39,5 ($c = 1,3$ в H_2O); -12,0 ²⁰ ($c = 2$ в 1 М HCl). pK_a 2,32 (COOH); 8,72 (NH_2); 9,96 (ОН); 11,79 (ОН). Раств-сть: 0,5 ²⁰ , 2,5 ¹⁰⁰ H_2O ; р. кисл. и щел.; н.р. EtOH, эф. Исполз. как терапевтический препарат при болезни Паркинсона. Поли. активен только после декарбоксилирования до допамина. Быстро окисл. O_2 в водн. раств. и в тв. состоянии, если отсыреет. Хранить в тв. виде в темноте. Спектр: λ_{max} 280 нм; ϵ 2650 (рН 1-7). Гидрохлорид: $t_{\text{пл}}$ 209 (разл.). DL-3,4-Дигидроксифенилаланин: $t_{\text{пл}}$ 265 ÷ 280 (разл.); раств-сть: 0,36 H_2O .

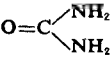
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
3,5-Диодотирозин (иодогороновая кислота; 3,5-диодо-4-гидроксифенилаланин)	 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{I})_2-\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\cdot\text{COOH}$ M 433,0	DL: крист. $t_{\text{пл}}$ 201 (разл.). L: крист. $t_{\text{пл}}$ 213 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ L + 2,9 ($c = 5$ в 4%-ной HCl). pK_a 2,12 (COOH); 5,32 (OH); 9,48 (NH₂). Раств-сть: DL 0,034²⁵ H₂O; р. щел.; L 0,062²⁵ H₂O; р. щел.; н. р. EtOH, эф. Неуст. на свету, теряет иод. Деоди-рование происходит при гидрол. белка, особ. кисл. Спектр: в 0,04 M KOH λ_{max} 310 нм, ϵ 5920; в 0,04 M HCl λ_{max} 285 нм, ϵ 2730.
Диметиламин (N-метилам-нометан)	CH_3NHCH_3 M 45,1	Бесцв. жидк. или газ; $t_{\text{пл}}$ -96,0; $t_{\text{кип}}$ 7,4. pK_a 10,92²⁰; 10,63³⁰; 10,35⁴⁰. Раств-сть: х. р. H₂O; р. EtOH, эф. Гидрохлорид: распл.; $t_{\text{пл}}$ 171; х. р. H₂O; р. EtOH, CHCl₃; н. р. эф.
Дипиколиновая кислота (пи-ридин-2,6-дикарбоновая ки-слота; α , α' -дипиколиновая кислота)	 $\text{HOOC}-\text{C}_5\text{H}_3\text{N}-\text{COOH}$ M 167,1 Гидрат: M 194,1	Бесцв. иглы + 1$\frac{1}{2}$ H₂O; после субли. призмы; $t_{\text{пл}}$ 232 (разл.). pK_a 2,16; 4,76. Раств-сть: м. р. H₂O; о. п. р. EtOH. Мож-жет субли. Спектр: λ_{max} 270 нм, плечи 262,5 и 277, 5 нм (рН 7-13). Соль Ca: х. р. H₂O.
Допамин (3-гидрокситира-мин; 3,4-дигидроксифентил-амин)	 $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_2-\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{NH}_2$ M 153,2 Гидрохлорид: M 189,7	Бел. крист., быстро темнеющие на возд. Гидрохлорид: крист.; $t_{\text{пл}}$ 241 (разл.). pK_a 8,9 (OH); 10,6 (NH₂). Раств-сть: р. H₂O. Гидрохлорид: х. р. H₂O; р. MeOH; н. р. эф. Нейромедиатор ц. н. с. Спонтанно окисл. в водн. раств. при щел. рН. Гидробромид: крист., $t_{\text{пл}}$ 212.
Изолейцин (2-амино-3-метил-пентановая кислота; Ile)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HC}\cdot\text{CH}_3 \\ \\ \text{HC}\cdot\text{NH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ L-изолейцин; эритро-L_S-изо- лейцин $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_3\text{C}\cdot\text{CH} \\ \\ \text{HC}\cdot\text{NH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ L-алло-изолей- цин; трео-L_S-изо- лейцин M 131,2	Восковые листочки или пластинки. DL: $t_{\text{пл}}$ 292 (разл.) L: субли. 168 ÷ 170; $t_{\text{пл}}$ 285 ÷ 286 (разл.). L-алло: $t_{\text{пл}}$ 278 ÷ 281 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L + 39,5 ($c = 1$ в 5 M HCl); + 12,4 ($c = 1$ в H₂O); L-алло + 39,6 ($c = 1$ в 5 M HCl); + 15,9 ($c = 1$ в H₂O). pK_a L 2,32; 9,76; L-алло 2,27; 9,62. Раств-сть: DL 2,23²⁵, 4,61⁷⁵ H₂O; р. гор. EtOH, гор. лед. укс. кисл.; н. р. эф.; L 4,12²⁵, 6,08⁷⁵ H₂O; 0,072²⁰ EtOH; р. гор. лед. укс. кисл.; н. р. эф.; L-алло 2,9²⁰ H₂O; 0,1²⁰ EtOH; н. р. эф. Уст. к гор. минер. кисл. в присутствии углеводов. Ком-мерческие преп., особ. «DL-изолейцин», могут содержать алло-изомеры. Хро-матограф. разделение <i>n</i>- и алло-изоме-ров см. [JBC 207, 77 (1954)]. Получ. оптических изомеров см. [Biochem. Preps. 3, 84 (1953)].

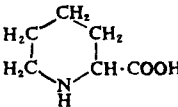
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Индол (2,3-бензопиррол)	 M 117,1	Св.-желт. листочки. $t_{пл}$ 52 ÷ 53. $t_{кип}$ 254. Раств-сть: х.р. EtOH, эф.; р. гор. H ₂ O, бенз., петр. эф. Характерен интенсивный запах фекалий, высокоочищенное в-во не имеет запаха. β-Метиновая гр. чрезвычайно активна, легко реагирует с альдгидами и фенолами.
3-Иодотирозин (β-(4-гидрокси-3-иодофенил)аланин; моноиодотирозин; MIT)	 M 307,1	DL: пластинки + 1 H ₂ O. $t_{пл}$ 200 ÷ 201 (разл.). L: безводн. крист. $t_{пл}$ 204 ÷ 206 (разл.). $[\alpha]_D^{20}$ L -4,4 (c = 5 в 1 M HCl). pK_a 2,2 (COOH); 8,7 (OH); 9,1 (NH ₂). Раств-сть: м.р. хол. H ₂ O; 6,7 ¹⁰⁰ H ₂ O. Неуст. на свету, теряет иод.
Кадаверин (1,5-пентадиамин; 1,5-диаминопентан; пентаметилендиамин)	$H_2NCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$ M 102,2 Гидрат: M 138,2	Бесцв. дымящий сироп. d_4^{25} 0,873. $t_{пл}$ 9. $t_{кип}$ 178 ÷ 180. Образует маслянистый гидрат (+2H ₂ O). pK_a 10,05; 10,93. Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH; м.р. эф. Характерный запах. Темнеет при хранении. Поглощает CO ₂ из возд. Дигидрохлорид: гигр. крист.; $t_{пл}$ 255; р. H ₂ O, MeOH, м.р. EtOH.
Карбамиласпарагиновая кислота (уреидоантарная кислота; аминокарбомиласпарагиновая кислота)	$HOOC \cdot CH_2 \cdot \underset{\substack{ \\ NH \cdot CO \cdot NH_2}}{CH} \cdot COOH$ M 176,1	Бел. крист. $t_{пл}$ DL 178 ÷ 180. L $t_{пл}$ 128 ÷ 130. $[\alpha]_D^{20}$ +18,9 ²⁰ (c = 3,38 в H ₂ O); +24,1 ²⁵ (c = 3 соль Ba в H ₂ O). Раств-сть: р. H ₂ O. Соль K гигр., соли Ba и Ca негигр. Получ. L см. [Chem. Pharm. Bull. Tokyo 15, 1604 (1967); Biochem. 13, 638 (1974)].
Карбамилхолинхлорид (карбахол; дорил; N-[2-(Аминокарбонил)окси]этил-N,N,N-триметиламмонийхлорид)	$(CH_3)_3 \overset{+}{N} CH_2CH_2OCONH_2 Cl^-$ M 182,6	Тв. призм. крист. о. гигр. $t_{пл}$ 210 ÷ 212. Без запаха. Раств-сть.; х.р. H ₂ O; р. MeOH, м.р. EtOH; н.р. CHCl ₃ эф. Водн. раств. имеет нейтр. р-цию и уст. даже при нагрев. Обладает парасимпатомиметическим действием, активность не продлевается эзерином или неостигмином. Не атакуется холинэстеразами.
γ-Карбоксиглутаминовая кислота (4-карбоксиглутаминовая кислота; 3-аминопропан-1,1,3-трикарбоновая кислота; Gla)	$HOOC \begin{array}{l} \diagup \\ CH \cdot CH_2 \cdot CHNH_2 \cdot COOH \\ \diagdown \\ HOOC \end{array}$ M 191,2	DL: бел. порошок. $t_{пл}$ 90 ÷ 92. L: бесцв. крист. $t_{пл}$ 167 ÷ 167,5. $[\alpha]_D^{20}$ L +35,3 (c = 1 в 6 M HCl). pK_a 1,7; 3,2; 4,75; 9,9. Раств-сть: р. H ₂ O; н.р. эф. Уст. в щел., напр. в 2 M KOH, при 110°C в течение 24 ч. В кисл. раств. декарбоксилируется, давая пироглутаминовую кисл.; период полупревращения в 0,05 M HCl при 100°C ~10 мин, в 6 M HCl при 110°C ~20 мин. При гидрол. белка в стандартных усл. образуется глутаминовая кисл. Синт. см [JACS 101, 4385 (1979); Helv. Chim. Acta 60, 798 (1977)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Карнитин (γ-триметил-β-гидроксипиробетанин; внутрениия соль N-(3-карбокси-2-гидроксипропил)-N,N,N-триметиламмонийгидроксида; L: витамин B ₇)	$(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COO}^-$ <i>M</i> 161,2	DL: гигр. крист. $t_{\text{пл}}$ 195 ÷ 197 (разл.). L: о. гигр. крист. $t_{\text{пл}}$ 197 ÷ 198 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{30}$ L -23,9 ($c = 0,83$ в H ₂ O). pK_a 3,80. Раств-сть: х. р. H ₂ O, EtOH; м. р. ац., изопропанол; н. р. эф.; гидрохлорид х. р. H ₂ O; м. р. EtOH; н. р. эф. Гидрохлорид (DL): $t_{\text{пл}}$ 196 (разл.); раств-сть: 146,4 ¹⁶ , 234 ⁵⁶ H ₂ O; (L) $t_{\text{пл}}$ 142 (разл.); $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -23,7. О-Ацетил-L-карнитин: $t_{\text{пл}}$ 145; $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -19,5. Получ. L см. [Biochem. Preps. 7, 26 (1960); ZPC 353, 618 (1972); Appl. Environ. Microbiol. 39, 327 (1980)]. Ацилкарнитины см. [Biochem. Preps. 12, 69 (1968); J. Org. Chem. 32, 3989 (1967)].
L-Карнозин (β-аланил-L-гистидин)	$\text{H}_2\text{N}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}\cdot\text{CH}\cdot\text{CH}_2$  <i>M</i> 226,2	Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}}$ 260 ÷ 262 (разл.) (варьирует). $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +21,9$ ($c = 1$ в H ₂ O). pK_a 2,62 (COOH); 6,66 (имидазол); 9,24 (NH ₂). Раств-сть: 32 H ₂ O; н. р. EtOH. Нитрат: бесцв. иглы; $t_{\text{пл}}$ 222 ÷ 223 (разл.); $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +23,0$ ($c = 5,2$ в H ₂ O); х. р. H ₂ O. Гидрохлорид: крист.; х. р. H ₂ O. L-Ансерин (β-аланил-L-метил-L-гистидин): о. гигр. бесцв. крист.; $t_{\text{пл}}$ 240 ÷ 242 (разл.); $[\alpha]_{\text{D}}^{23} +11,4$ ($c = 5$ в H ₂ O); х. р. H ₂ O, о. п. р. EtOH.
Кинуренин (3-антраилоила-ланин; α,2-диамино-γ-оксобензолбутановая кислота)	 $\text{CO}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\cdot\text{COOH}$ <i>M</i> 208,2 Гидрат: <i>M</i> 214,2 Сульфат: <i>M</i> 306,3 Гидрат сульфата: <i>M</i> 324,3	Листочки + 1/3 H ₂ O из H ₂ O; безводн. иглы из H ₂ O/EtOH. Сульфат: бесцв. иглы + 1 H ₂ O из водн. раст-лей. $t_{\text{пл}}$ DL 218 (разл.); сульфат 173; L 191 (разл.); сульфат 190 (178 ÷ 194). $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L -30,5 ($c = 1$ в H ₂ O); +10,1 ($c = 1$ безводн. сульфата в H ₂ O). Раств-сть: м. р. H ₂ O ($L > DL$), сульфат р. H ₂ O, м. р. EtOH. Спектр: при pH 7 λ_{max} 360 (ϵ 4500), 257 (ϵ 7500), 230 (ϵ 18900); в интервале pH 2-12 сл. меняется. Получ. см. [Biochem. Preps. 3, 108 (1953); JACS 76, 1708 (1954)]. N'-Формилкинуренин: $t_{\text{пл}}$ 162; спектр: при pH 7 λ_{max} 260 (ϵ 10980), 321 нм (ϵ 3750). Синт. см. [JCS 1952, 137]; выд. см. [BBA 31, 301 (1959)].
Кинуреновая кислота (4-гидроксикинолин-2-карбоиовая кислота; 4-гидроксикинальдиновая кислота)	 <i>M</i> 189,2	Желт. иглы. Теряет H ₂ O 140 ÷ 145. $t_{\text{разл}}$ 282 ÷ 283. Раств-сть: 0,9 ¹⁰⁰ H ₂ O; р. гор. EtOH, шел.; м. р. эф., минер. кисл.; 50%-ная водн. укс. кисл. Чрезвычайно трудно получить в чистом виде. Спектр: при pH 7 λ_{max} 332 (ϵ 9800) и 344 нм (ϵ 7920) [BJ 52, 8 (1952)].

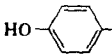
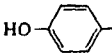
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Кортикотропин (АКТГ; ад- ренокортикотропин; адreno- кортикотропный гормон; кортикотрофин)	$\begin{array}{c} \text{Ser-Tyr-Ser-Met-Glu-His-Phe-Arg-Trp-} \\ \text{Gly-Lys-Pro-Val-Gly-Lys-Arg-Arg-} \\ \text{Pro-Val-Lys-Val-Tyr-Pro-Asn-Gly-Ala-} \\ \text{Glu-Asp-Glu-Ser-Ala-Glu-Ala-Phe-Pro-} \\ \text{Leu-Glu-Phe} \end{array}$ Кортикотропин человека M 4541 (Кортикотропины из овцы и быка имеют Glp ³³ ; из свиньи – Leu ³¹)	Аморф. бел. порошок. $[\alpha]_{\text{D}}^{23} -150$ ($c = 0,5$ ацетата в 0,1 М укс. кисл.). Раств-сть: х. р. H ₂ O; м. р. 70%-ный EtOH, <i>n</i> -BuOH; н. р. хол. ац. Гормон аденоги- пофиза (передней доли гипофиза). Сти- мулирует секрецию кортизола, корти- костерона и альдостерона корой над- почечников и стимулирует рост коры надпочечников. Водн. раств. медл. те- ряет биол. активность из-за окисл., но процесс обратим под действием мягких восстанавливающих агентов (напр., Na ₂ SO ₃). Уст. к нагрев. в водн. раств., напр. при pH 7,5 и 100°C по крайней мере 2 ч и в 0,1 М HCl при 100°C 1 ч. Теряет активность в 0,1 М NaOH при 100°C за 30 мин. Неуст. к УФ в водн. раств. при щел. pH. Чистый кортико- тропин 150–200 Е/мг.
Креатин (N-(аминоимино- метил)-N-метилглицин; (α- метилгуанидо)уксусная кис- лота; метилгликоциамин)	$\begin{array}{c} \text{HN}=\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{NH}_2 \\ \searrow \text{N-CH}_2\cdot\text{COOH} \\ \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$ M 131,1 Гидрат: M 149,2	Бесцв. монокл. призмы +1 H ₂ O (из H ₂ O). Теряет H ₂ O 100. $t_{\text{пл}}$ 303 (разл.). pK_a 2,63; 14,3 ¹² . Раств-сть: 1,09 ¹⁰ , 1,35 ¹⁸ H ₂ O; 0,0063 хол. EtOH; н. р. эф. Найден в мышцах позвоночных, не- большие кол-ва в крови, отсутствует в нормальной моче взрослых особей. Водн. раств. имеют близкую к нейтр. р-цию. В нейтр. и щел. раств. образует равновесную смесь с креатинином [BJ 22, 924 (1928); JACS 47, 1179 (1925)]; в кисл. раств. полн. превращается в креатинин.
Креатинин (1-метилглико- циамидин; 2-амино-1-метил- 4-имидазолидинон; 2-ами- но-1,5-дигидро-1-метил-4Н- имидазол-4-он)	$\begin{array}{c} \text{HN}=\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{NH-CO} \\ \searrow \text{N-CH}_2 \\ \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$ M 113,1 Гидрат: M 149,2	Бесцв. крист. +2 H ₂ O при медл. выпя- ривании нас. водн. раств. или личотки без H ₂ O из гор. нас. раств. Безводн.: $t_{\text{разл.}} \sim 300$. pK_a 4,83; 9,2 ²⁰ . Раств-сть: 8,7 ¹⁶ H ₂ O; 0,98 ¹⁶ , EtOH; н. р. эф. Обыч- ный компонент мочи; найден также в крови и мышцах. Спектр: при pH <3 λ_{max} 217 нм, ϵ 4500; при pH 6,5 12,3 λ_{max} 234 нм, ϵ 6900; в 1 М KOH λ_{max} 225 нм, ϵ 11100 [Acta Chem. Scand. 7, 445 (1953)].
L-Лантионин (бис (2-амино- 2-карбоксиэтил)сульфид; S- (2-амино-2-карбоксиэтил)дис- теин)	$\begin{array}{c} \text{S} \begin{array}{l} \nearrow \text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\cdot\text{COOH} \\ \searrow \text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\cdot\text{COOH} \end{array} \end{array}$ M 208, 2	Гекс. пластинки. Разл. 293 ÷ 295. $[\alpha]_{\text{D}}^{22}$ +8,6 ($c = 5$ в 2,4 М NaOH). Раств-сть: 0,15 ²⁵ H ₂ O; н. р. EtOH, эф.; р. кисл., щел. мезо-Лантионин: $t_{\text{пл}}$ 306 (283 ÷ + 306, разл.); трехгранные пластинки, раств-сть: 0,022 ²⁵ H ₂ O, р. кисл., щел. н. р. EtOH, эф. Синт. см. [JBC 140, 767 (1941); Ber, 94, 2157 (1961)]. Выд. см. [JBC 144, 87, (1942)].
Лейцин (2-амино-4-метил- пентановая кислота; Leu)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ M 131,2	Бесцв. личотки. Субл. 145 ÷ 148. $t_{\text{пл}}$ 293 ÷ 295 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{25} \text{L} +16,0$ ($c = 2,0$ в 5 М HCl); –11,0 ($c = 2,0$ в H ₂ O). pK_a 2,33; 9,74. Раств-сть: DL 0,99 ²⁵ , 2,28 ⁷⁵ H ₂ O; 0,13 ²⁵ 90%-ный EtOH; н. р. EtOH,

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Лизин (2,6-диаминогексано- вая кислота; Lys)	$\text{H}_2\text{NCH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 146,2 Моно- HCl : M 182,7 Ди- HCl : M 219,1	эф.; L 2,43 ²⁵ , 3,82 ⁷⁵ H_2O ; 0,017 ²⁵ EtOH ; н.р. эф. Уст. к гор. минер. кисл. в присутствии углеводов. Иглы или пластинки. $t_{\text{пл}}$ L 224 (разл.). Моно- HCl : крист. $t_{\text{пл}}$ 263 $\div$ 264; Ди- HCl : крист. $t_{\text{пл}}$ D_L 187 $\div$ 189; L 192 $\div$ 193. $[\alpha]_D^{25}$ L + 25,9 (c = 2,0 в 5 M HCl); + 13,5 (c = 2,0 в H_2O). pK_a 2,16; 9,06 (ε- NH_2). Раств-сть: D_L и L х.р. H_2O ; о.п.р. EtOH ; н.р. эф.; моно- HCl (L) х.р. H_2O ; р. MeOH ; ди- HCl (L) х.р. H_2O ; р. MeOH ; н.р. EtOH .
Метиламин (метанамин; ами- нометан)	CH_3NH_2 M 31,1 Гидрохлорид: M 67,5	Бесцв. газ $t_{\text{пл}}$ -93,5. $t_{\text{кип}}$ -6,3. pK_a 10,79 ²⁰ , 10,47 ³⁰ , 10,16 ⁴⁰ . Раств-сть: 1153,9 ^{12,5} мл газа на 1 мл H_2O ; х.р. MeOH , EtOH , ∞ эф. Метиламингидрохлорид: распл. листочки из EtOH ; $t_{\text{пл}}$ 227 $\div$ 228; $t_{\text{кип}}$ 230 ¹⁵ ; х.р. H_2O , 23 ⁷⁸ EtOH , н.р. эф., ац., CHCl_3 .
L-1-Метилгистидин (N-мети- лимидазол-5-аланин; α- амино-β-(1-метил-5-имида- зол)пропионовая кислота)	 M 169,2 Гидрат: M 187,2	Иглы + 1 H_2O . Теряет H_2O в вакууме и при 100. $t_{\text{пл}}$ 248 $\div$ 249. $[\alpha]_D^{18}$ -25,8 (c = 3,9 в H_2O). pK_a 1,69 (COOH); 6,48 (имидазол); 8,85 (NH_2). Раств-сть: 20 ²⁵ H_2O . При синт., по-видимому, в некоторой степени рацемизируется. Положительная р-ция Паули. Получ. см. [<i>JACS</i> 79, 2249 (1957)].
L-3-Метилгистидин (1-мети- лимидазол-4-аланин; α-ами- но-β-(1-метил-4-имидазол) пропионовая кислота)	 M 169,2	$[\alpha]_D^{26}$ -26,5 (c = 2,1 в H_2O). pK_a 1,92; 6,56; 8,73. Раств-сть: р. H_2O . При синт., по-видимому, в некоторой степени рацемизируется. Отрицательная р-ция Паули. Гидрохлорид: $[\alpha]_D^{27}$ + 13,5 (c = 1,9 в 1 M HCl). Получ. см. [<i>JBC</i> 206, 825 (1954); <i>JACS</i> 79, 2249 (1957)].
N ⁶ -Метил-L-лизин (ε-N-мети- л-L-лизин)	$\text{CH}_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ Безводн.: M 160,2 Гидрохлорид: M 196,7	Гидрохлорид: крист. $t_{\text{пл}}$ 237 $\div$ 239 (разл.). $[\alpha]_D^{23}$ + 21,9 (c = 2 в 6 M HCl). Гидрохлорид: р. H_2O , минер. кисл., EtOH ; о.п.р. пир.; н.р. бенз. Получ. см. [<i>Biochem. Preps.</i> 11, 80 (1966); <i>Can. J. Chem.</i> 42, 2043 (1964)].
Метилметионинсульфоний- бромид (метионинметил- сульфонийбромид; (3-ами- но-3-карбоксипропил)диме- тилсульфонийбромид)	$(\text{CH}_3)_2\overset{+}{\text{S}}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ Br^- Свободный катион: M 163,2 Хлорид: M 199,7 Бромид: M 244,2	Бромид: бел. иглы или пластинки. $t_{\text{пл}}$ D_L 139 $\div$ 141 (разл.); L 139 (разл.) Раств-сть: р. H_2O ; 0,439 ²⁵ MeOH ; 0,012 ²⁵ EtOH ; н.р. эф., ац. Сухой бромид медл. разл., особ. на свету. Хранить на хол. в сухом темном месте. Свободное основание и его соли разл. до гомосерина, метионинсульфоксида и диметилсульфида в кипящем водн. раств., особ. в присутствии щел. Хлорид (D_L): $t_{\text{пл}}$ 134 $\div$ 138 (разл.). Иодид (D_L): $t_{\text{пл}}$ 150 (разл.).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Метионин (2-амино-4-(метилтио)бутановая кислота; Met)	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 149,2	Пластинки. $t_{\text{пл}}$ 281 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L +23,2 ($c = 0,5 \div 2,0$ в 5 М HCl); -10,0 ($c = 0,5 \div 2,0$ в H_2O). pK_a 2,13; 9,28. Раств-сть: DL 3,38 ²⁵ , 10,52 ⁷⁵ H_2O ; р. разб. кисл., щел.; L р. H_2O ; н. р. EtOH, эф. Потери происходят при гидрол. белков в присутствии углеводов и в результате окисл. Крист. до некоторой степени плохо смачиваемы.
Метионинсульфоксид (2-амино-4-метилсульфинилбутановая кислота)	$\text{CH}_3\text{SOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 165,2	Бел. порошок. $t_{\text{разл}}$ 225 ÷ 231 (смесь всех четырех изомеров). $[\alpha]_{\text{D}}^{24-26}$ L / -71,6 ($c = 0,5 \div 2,0$ в H_2O); -57,6 ($c = 0,5 \div 2,0$ в 5 М HCl); Ld +99,0 ($c = 0,5 \div 2,0$ в H_2O); +127,2 ($c = 0,5 \div 2,0$ в 5 М HCl). Раств-сть: >66 ²⁵ H_2O ; м. р. EtOH; н. р. ал., эф. В водн. раств. уст. Возможны четыре стереоизомера (Ll, Ld, Dl, Dd), так как атом S образует асимметрический центр.
Метионинсульфон (2-амино-4-метилсульфонилбутановая кислота)	$\text{CH}_3\text{SO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 181,2	Крист. $t_{\text{пл}}$ DL 248 ÷ 250 (разл.); L 257 ÷ 258 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{28}$ L +13,5 ($c = 2,1$ в H_2O); +30,3 ($c = 2,1$ в 1 М HCl). Раств-сть: р. H_2O (меньше, чем сульфоксид, но больше, чем метионин); н. р. 95%-ный EtOH. Более уст., чем сульфоксид.
Мочевина (карбамид)	 M 60,1	Бесцв. крист. или иглы. $t_{\text{пл}}$ 132,7. Раств-сть: 78 ⁵ , 119,3 ²⁵ H_2O ; 15,8 ²⁰ EtOH; р. конц. HCl; о. п. р. эф.; н. р. CHCl_3 . Нитрат: призмы; $t_{\text{пл}}$ 152 (разл.), р. гор. H_2O . В раств. мочевины при стоянии обнаруживается присутствие значительных кол-в активных цианатионов [JBC 235, 3177 (1960)]. Следует использ. свежеприготовленные раств. или разлагать цианат подкислением перед использ. Сл. металлов могут быть удалены обработкой конц. раств. смесью катионо- и анионообменных смол. Денатурирует белки.
Норадреналин (артеренол; норэпинефрин; 1-(3,4-дигидроксифенил)-2-аминоэтанол; 4-(2-амино-1-гидроксиэтил)-1,2-бенздиол)	 M 169,2 Гидрохлорид: M 205,6	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ DL 188 ÷ 191; D 215 ÷ 217. $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ D -37,3 ($c = 5$ в H_2O + 1 экв. HCl). pK_a 8,64 (NH); 9,70 (OH). Раств-сть: р. минер. кисл., щел.; м. р. H_2O , MeOH, EtOH, эф. Симпатомиметическое действие. Основной адренергический эффектор в постганглионарных эффекторных соединениях. Прессорный эффект, гл. обр. благодаря сужению периферических сосудов. Природное соединение имеет D-конфигурацию (по миндальной кислоте). Водн. раств. медл. рацемизируются и окисл. Макс. стабильность при pH ~4. Раств. можно автоклавировать без доступа

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Норвалин (2-аминопентаиновая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 117,1	возд. при pH 3,6. Гидрохлорид (DL): $t_{\text{пл}}$ 141; D $t_{\text{пл}}$ 145 ÷ 147; p. H_2O ; $[\alpha]_{\text{D}}^{25} -40$ ($c = 6$ в H_2O). Битартрат (D): крист. + 1 H_2O ; $t_{\text{пл}}$ 102 ÷ 104; p. H_2O .
Норлейцин (2-аминогексано-вая кислота; гликолейцин)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 131,2	Листочки или иглы. $t_{\text{пл}}$ DL 303 (запаянная трубка). L 305 (разл.; запаянная трубка). $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L + 24,1 ($c = 1 \div 2$ в 5 M HCl); + 7,0 ($c = 1 \div 2$ в H_2O). pK_a 2,32; 9,81. Раств-сть: DL и L 10,7 ¹⁵ H_2O ; м. р. EtOH; н. р. ац., CHCl_3 , эф. Гидрохлорид (L): $t_{\text{пл}}$ 223 ÷ 224.
Окситоцин (окситоциновый гормон)	$\begin{array}{c} \text{Cys} \rightarrow \text{Tyr} \rightarrow \text{Ile} \rightarrow \text{Gln} \rightarrow \text{Asn} \rightarrow \text{Cys} \\ \text{H}_2\text{N}-\text{Gly} \leftarrow \text{Leu} \leftarrow \text{Pro} \leftarrow \end{array}$ M 1007	Бел. аморф. порошок. $[\alpha]_{\text{D}}^{22} -26,2$ ($c = 0,53$ в H_2O). Изозлектрическая точка 7,7. Раств-сть: p. H_2O , BuOH; м. р. ац. Гормон задней доли гипофиза. Основные действия: вызывает сокращение матки, выделение молока из молочных желез млекопитающих, а также понижение кровяного давл. у птиц. Чистое в-во ~ 500 Е/мг. Уст. в кисл., неуст. в щел. Активность нарушается в присутствии восстановителей, напр. тиогликолята.
Ориитин (2,5-диаминопептано-вая кислота)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 132,2 Моно-HCl: M 168,6 Ди-HCl: M 205,1	Сироп, трудно крист. $t_{\text{пл}}$ DL 195, L 226 ÷ 227. Моно-HCl: бел. тв. гранулы $t_{\text{пл}}$ L 233 (разл.). Ди-HCl (L): $t_{\text{пл}}$ 190 ÷ 203. $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ L + 28,4 ($c = 2,0$ в 5 M HCl); + 12,1 ($c = 2,0$ в H_2O); ди-HCl (L) + 16,5 ($c = 4$ в H_2O). pK_a 1,71 (COOH); 8,69 ($\alpha\text{-NH}_2$); 10,76 ($\delta\text{-NH}_2$). Раств-сть: DL и L х. р. H_2O , EtOH; о. п. р. эф.; моно-HCl p. H_2O , кисл. щел.; н. р. MeOH, EtOH, эф.; ди-HCl p. H_2O ; х. р. MeOH, EtOH.
Пиколиновая кислота (пиперидин-2-карбоновая кислота)	 M 123,1	Иглы. $t_{\text{пл}}$ 136. pK_a 1,07; 5,25. Раств-сть: х. р. лед. укс. кисл.; p. H_2O , MeOH; 5,44 ²⁵ EtOH; м. р. бенз.; н. р., эф., CHCl_3 . Субл. Гидрохлорид: м. р. EtOH, н. р. эф.; $t_{\text{пл}}$ 225 ÷ 230 (разл.) (при медл. нагрев. 210 ÷ 212).
L-Пипеколиновая кислота (пиперидин-2-карбоновая кислота; гомопрولين)	 M 129,2	Иглы или пластинки. Субл. в вакууме при 200. $t_{\text{пл}}$ 270 (разл.) $[\alpha]_{\text{D}}^{25} -25,4^{18}$ ($c = 5$ в H_2O); -13,3 ²⁵ ($c = 2$ в 5 M HCl). pK_a 2,28; 10,72. Раств-сть: х. р. H_2O ; p. MeOH; м. р. EtOH; о. п. р. ац.; н. р. эф. Моногидрохлорид: $t_{\text{пл}}$ 258 ÷ 259;

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
L-2-Пирролидон-5-карбоиновая кислота (пироглутаминовая кислота; 5-оксопирролидин-2-карбоновая кислота; 5-оксепролин)	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OC} - \text{N} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} $ M 129,1	х. р. H_2O; м. р. EtOH; н. р. эф. $[\alpha]_D^{23} -10,5$ ($c = 9,8$ в H_2O). DL-Пипеколин-овая кислота: $t_{пл}$ 264 (258 ÷ 280); моногидрохлорид: $t_{пл}$ 257 ÷ 264. Получ. DL и L см. [Meth. Enzymol. 17B, 174 (1971)]. Бесцв. крист. $t_{пл}$ 162 ÷ 163. $[\alpha]_D^{25} -11,3^{20}$ ($c = 2$ в H_2O); ($-9,9$ до $-13,1$ в H_2O). pK_a 3,32. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, лед. укс. кисл.; м. р. Et-ацетат; н. р. эф. При кипячении в течение 1-2 ч при 100°C в 2 М HCl или 0,5 М NaOH почти полн. гидрол. до глутаминовой кисл.
Пролин (пирролидин-2-карбоновая кислота; Pro)	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{N} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array} $ M 115,1	Гигр. призмы или иглы. $t_{пл}$ DL 213 (разл.); L 220 ÷ 222 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L $-60,4$ ($c = 1 \div 2$ в 5 М HCl); $-86,2$ ($c = 1 \div 2$ в H_2O). pK_a 1,95; 10,64. Раств-сть: DL р. H_2O, EtOH; м. р. CHCl_3, ац., бенз.; н. р. эф.; L 162,3²⁵, 239⁶⁵ H_2O; 67¹⁹ EtOH; н. р. эф. Моногидрохлорид: $t_{пл}$ DL 159; L 115.
Пропионилхолинхлорид	$ (\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCOCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl}^- $ M 195,7	Гигр. Раств-сть: р. H_2O, EtOH; н. р. эф. Субстрат для псевдохолинэстеразы, гораздо медл. гидрол. ацетилхолинэстеразой. Быстро гидрол. в кипящих кисл. Неуст. в раств. Перхлорат более уст., более подходящий стандарт.
Путресцин (1,4-бутандиамин; 1,4-диаминобутан; тетраметилендиамин)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ M 88,2 Дигидрохлорид: M 161,1	Бесцв. листочки, плавящиеся до бесцв. жидк. d_4^{25} 0,877. $t_{пл}$ 27 ÷ 28. $t_{кип}$ 158 ÷ 160. pK_a 1) 9,35²⁰; 9,04³⁰; 8,83⁴⁰; 2) 10,80²⁰; 10,50³⁰; 10,26⁴⁰. Раств-сть: х. р. H_2O, EtOH; м. р. эф. Дигидрохлорид: бесцв. иглы или таблетки; $t_{пл}$ 315 (разл.); х. р. H_2O, гор. EtOH, о. п. р. хол. EtOH; н. р. эф.
Саркозин (N-метилглицин)	$\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{COOH}$ M 89,1	Распл. бесцв. крист. Сладковатый вкус. $t_{пл}$ 212 (разл.). pK_a 2,12; 10,2. Раств-сть: 42,8 H_2O; м. р. EtOH; н. р. эф. Гидрохлорид: бесцв. иглы из $\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH}$; $t_{пл}$ 171; х. р. H_2O, м. р. EtOH, эф.
Серин (2-амино-3-гидрокси-пропионовая кислота; β-гидроксипролин; Ser)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HC} \cdot \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ D_S -серин M 105,1 $ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N} \cdot \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ L_S -серин	Призмы или пластинки. Сладкий вкус. $t_{пл}$ DL 246 (разл.); L 228 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L +15,1 ($c = 2$ в 5 М HCl); $-7,5$ ($c = 2$ в H_2O). pK_a 2,19; 9,21. Раств-сть: DL 5,0²⁵, 19,2⁷⁵ H_2O; 0,00067²⁵ EtOH; н. р. эф.; L 25²⁰ H_2O; н. р. EtOH, эф. Соединение, относительно конфигурации которого определяются конфигурации α-аминокислот. При кисл. гидрол. белка в значит. степени теряется. Разрушается гор. разб. щел. Рацемизируется в водн. раств. при pH 9. Хранить в тв. виде в эксикаторе.

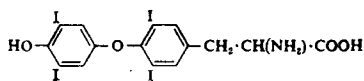
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Соматостатин (фактор, тормозящий освобождение соматотропина – гормона роста; соматотропинингибирующий фактор; СИФ)	$ \begin{array}{c} (H_2N)Ala \rightarrow Gly \rightarrow Cys \rightarrow Lys \rightarrow Asn \rightarrow Phe \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Phe \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Trp \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Lys \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Thr \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad Phe \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \downarrow \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (HO)Cys \leftarrow Ser \leftarrow Thr \leftarrow Phe \end{array} $ M 1638	$[\alpha]_D^{25} - 36$ ($c = 0,5$ в 1%-ной укс. кисл.) Ингибирует освобождение соматотропина (гормона роста) передней долей гипофиза и тиреотропина (но не пролактина). Ингибирует секрецию инсулина, глюкагона и гастрина. И окисленная (дисульфидная), и восстановленная (тиольная) формы обладают биол. активностью. [D-Trp ⁸]-Соматостатин более активен, чем природный [L-Trp ⁸]. [Tyr ¹]-Соматостатин (т.е. Tyr-Gly и т.д.) и Tyr-соматостатин (т.е. Tyr-Ala-Gly- и т.д.) использ. как индируемые аналоги.
Спермидин (N-(3-аминопропил)-1,4-диаминобутан; 1,8-диамино-4-азаоктан)	$H_2N(CH_2)_3NH(CH_2)_4NH_2$ M 145,2 Тригидрохлорид: M 254,6	Три-НCl: крист. $t_{пл} 258$. Раств-сть: р. H ₂ O. Фосфатная соль гораздо более растворима в H ₂ O, чем сперминфосфат.
Спермин (N,N'-бис(3-аминопропил)-1,4-диаминобутан; 1,12-диамино-4,9-диазадодекан)	$ \begin{array}{c} NH \cdot (CH_2)_3 \cdot NH_2 \\ (CH_2)_4 \\ NH \cdot (CH_2)_3 \cdot NH_2 \end{array} $ M 202,3 Тетрагидрохлорид: M 348,2	Бел. распл. иглы. $t_{пл} 55 \div 60$. $t_{кип} 150^{25}$. Тетрагидрохлорид: крист. $t_{пл} 310 \div 311$ (разл.). Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH, <i>n</i> -бутанол; н.р. эф., бенз. Сильн. основание, поглощает CO ₂ из возд. Сперминфосфат C ₁₀ H ₂₆ N ₄ · 2H ₃ PO ₄ · 6H ₂ O: M 506,4; бесцв. крист.; Раств-сть: 0,037 ²⁰ , 1,0 ¹⁰⁰ H ₂ O, р. разб. кисл. и щел. Получ. [см. BJ 18, 1263 (1924)].
Таурин (2-аминоэтансульфоновая кислота)	$H_2NCH_2CH_2SO_3H$ M 125,2	Иглы. $t_{пл} 320$ (разл.). pK_a 1,5 (SO ₃ H); 9,06 (NH ₂). Раств-сть: 3,93 ⁰ ; 10,48 ²⁵ , 45,76 ¹⁰⁰ H ₂ O, 0,0032 ¹⁷ EtOH; н.р. эф. Уст. к кипящим кисл. Соль Hg использ. для выд. и идент.
Тиразин (<i>n</i> -(2-аминоэтил)-фенол; 4-гидроксифентиламин)	 $HO-C_6H_4-CH_2 \cdot CH_2 \cdot NH_2$ M 137,2 Гидрохлорид: M 173,6	Иглы или листочки. $t_{пл} 166$. $t_{кип} 205^{25}$. pK_a 9,74; 10,52. Раств-сть: 1,05 ¹⁵ H ₂ O; 10 EtOH; р. бенз.; м.р. эф., CHCl ₃ . Гидрохлорид: крист. из конц. HCl; $t_{пл} 268$, х.р. H ₂ O.
Тирозин (3-4-гидроксифенил)аланин; Tyr)	 $HO-C_6H_3(OH)-CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ M 181,2	Иглы. $t_{пл} DL 316$ (разл.). L 342 ÷ 344 (разл.). $[\alpha]_D^{25} - 10,0$ ($c = 2$ в 5 M HCl). pK_a 2,20 (COOH); 9,21 (NH ₂); 10,46 (OH). Раств-сть: DL 0,035 ²⁵ , 0,084 ⁵⁰ H ₂ O; о.п.р. EtOH; н.р. эф.; L 0,045 ²⁵ , 0,244 ⁷⁵ H ₂ O; 0,01 ¹⁷ 95%-ный EtOH; р. щел.; н.р. эф., ац. Спектр: в 0,1 M HCl λ_{max} 223 нм (ϵ 8200) и 274,5 нм (ϵ 1340); в 0,1 M NaOH λ_{max} 240 нм (ϵ 11050) и 293,5 нм (ϵ 2330); на спектр влияет ионизация OH-гр. в щел. раств. [Adv. Protein Chem. 7, 319 (1952)]. Чистый L -тирозин уст. в 2,5 M H ₂ SO ₄ или 5 M NaOH в течение 30 ч при 100°C; нагрев. с кисл. в присутствии углеводов приводит к деструкции. ≤18% тирозина теряется при NaOH-гидрол. белка.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

L-Тироксин (3,5,3',5'-тетра-
иодотиронин; О-(4-гидрокси-
3,5-диiodофенил)-3,5-диiodо-
тирозин; T₄)



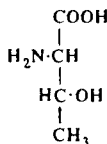
M 776,9

Na-соль: M 789,9

Гидрат: M 888,9

Бел. иглы. $t_{пл}$ 236 (разл.). Na-соль: бел. крист. + 5 H₂O. $[\alpha]_D^{25}$ -4,5 до -5,7 (в смеси 1:2 1 M NaOH-EtOH); +15 ($c = 5$ в смеси 1:2 1 M HCl-~95%-ный EtOH). pK_a 2,2 (COOH); 6,45 (OH); 10,1 (NH₂). Раств-сть: о.п. р. H₂O; р. щел.; н. р. EtOH, эф.; Na-соль м. р. H₂O. Неуст. на свету, теряет иод. Медл. разл. даже на хол. Деоидирование происходит при гидрол. белка, особ. кисл. Сильно адсорбируется на стекле из разб. раств. [ВВА 41, 252 (1960)]. Образует нераств. хелаты с Mg²⁺, Mn²⁺ и др. двухзарядными ионами. Спектр: в 0,04 M HCl λ_{max} 295 нм, ϵ 4160; в разб. NaOH λ_{max} 227 нм (ϵ 48560) и 325 нм (ϵ 6210).

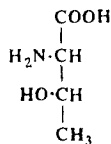
Треонин (2-амино-3-гидрок-
сибутановая кислота; Thr)



L-треонин

M 119,1

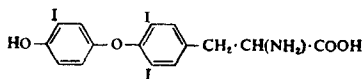
Гидрат: M 128,1



L-алло-треонин

DL и L: крист. + 1/2 H₂O. L: $t_{пл}$ 225 ÷ 227. $[\alpha]_D^{25}$ L -15,0 ($c = 1 \div 2$ в 5 M HCl); -28,5 ($c = 1 \div 2$ в H₂O); L-алло +10,0 ($c = 1 \div 2$ в 5 M HCl); +31,7 ($c = 1 \div 2$ в H₂O). pK_a n -изомеров 2,09; 9,10; алло-изомеров 2,11, 9,10. Раств-сть: DL 20²⁵ H₂O; 0,07 95%-ный EtOH; 0,0054²⁵ EtOH; н. р. CHCl₃; L р. H₂O; н. р. EtOH, эф. CHCl₃; DL-алло 13,9²⁵ H₂O; 0,3²⁵ 95%-ный EtOH; L-алло р. H₂O; о.п. р. EtOH. Быстро разрушается гор. разб. щел. и медл. кисл. при высоких темп. Значит. потери происходят при гидрол. белка. Хранить в тв. виде в эксикаторе.

3,5,3'-Триiodо-L-тиронин (T₃;
О-(4-гидроксн-3-iodофенил)-
3,5-диiodо-L-тирозин)



M 651,0

Крист. $t_{пл}$ 236 ÷ 237 (разл.). $[\alpha]_D^{24}$ +23,6 ($c = 5$ в смеси (1:2) 1 M HCl EtOH). pK_a 2,2 (COOH); 8,40 (OH); 10,1 (NH₂). Раств-сть: р. щел.; о.п. р. H₂O; н. р. EtOH. Неуст. на свету, теряет иод. Медл. разл. даже на хол. Деоидирование происходит при нагрев. в сильн. кисл. или, в меньшей степени, в щел. Адсорбируется на стекле из разб. раств. Спектр: в 0,04 M HCl λ_{max} 295 нм, ϵ 4090; в разб. NaOH λ_{max} 224 нм (ϵ 49200) и 320 нм (ϵ 4660). Гидрохлорид: иглы; $t_{пл}$ 202 ÷ 203.

Триметиламин (N,N-диме-
тиламинометан)

(CH₃)₃N

M 59,1

Гидрохлорид: M 95,6

Бесцв. газ. Резкий рыбный запах. $t_{пл}$ -124. $t_{кип}$ 3,5. Гидрохлорид: крист. $t_{пл}$ 277 ÷ 278 (разл.). pK_a 9,91²⁰; 9,69³⁰; 9,48⁴⁰. Раств-сть: х. р. H₂O, EtOH; р. эф.; гидрохлорид р. H₂O, EtOH, CHCl₃; и. р. эф.

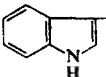
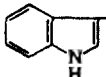
Триметиламиноксид (N-ок-
сид N,N-диметиламиноме-
тана)

(CH₃)₃NO

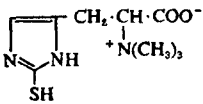
M 75,1

Гидрат: M 111,4

Распл. иглы +2 H₂O. Теряет H₂O 96. $t_{пл}$ 257. pK_a 4,65²⁰. Раств-сть: р. H₂O, MeOH, EtOH, гор. CHCl₃; н. р. эф. Водн.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Триптамин (3-(2-аминоэтил)-идол)	 $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2$ M 160,2 Гидрохлорид: M 196,7	раств. имеет сильнощел. р-цию. При нагрев. разл. до диметиламина и формальдегида. Гидрохлорид: при 185 темнеет; разл. $204 \div 226$; р. H_2O, гор. MeOH. Крист. $t_{\text{пл}}$ 118. pK_a 10,2 Раств-сть: х. р. EtOH, ац.; м. р. H_2O, эф. Моногидрохлорид: бесцв. призмы из $\text{EtOH}/\text{эф.}$; $t_{\text{пл}}$ $252 \div 253$; х. р. H_2O; спектр: в 95%-ном EtOH λ_{max} 282 нм (ϵ 6000) и 290 нм (ϵ 5100).
Триптофан (α -амино-3-индолпропионовая кислота: Trp)	 $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ M 204,2	Бесцв. пластинки. $t_{\text{пл}}$ DL $283 \div 285$. L 289 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ $L +2,8$ ($c = 1 \div 2$ в 1 М HCl); $-33,7$ ($c = 1 \div 2$ в H_2O). pK_a 2,46; 9,41. Раств-сть: DL $0,25^{30}$ H_2O; м. р. EtOH; L $1,14^{25}$, $2,8^{75}$ H_2O; м. р. EtOH; н. р. CHCl_3, эф. Спектр: в 0,1 М HCl λ_{max} 218 нм (ϵ 33500), 278 нм (ϵ 5550), 287,5 нм (ϵ 4550); с изменением рН меняется незначительно. Неуст. в минер. кисл. в присутствии углеводов, CuSO_4, FeSO_4, альдегидов; полн. разрушается при гидрол. белка. Уст. в 5 М NaOH при 125°C в отсутствие углеводов. Хранить в тв. виде в темноте; темнеет при длительном освещении.
Урокановая кислота (урокаиновая кислота; 3-(1Н-имидазол-4-ил)пропи-2-овая кислота)	 $\text{CH}=\text{CH} \cdot \text{COOH}$ M 138,1 Гидрат: M 174,1	<i>Транс</i>: выветр. бел. нглы или призмы +2 H_2O. $t_{\text{пл}}$ 225 (разл.). <i>Цис</i>. $t_{\text{пл}}$ $175 \div 179$. pK_a <i>транс</i> 3,5; 5,8; <i>цис</i> 3,0; 6,7. Раств-сть: $0,1^0$, $0,6^{37}$, $6,0^{100}$ H_2O; р. HCl, NaOH. <i>Цис</i> – менее уст. изомер, при синт. образуется гл. обр. <i>транс</i>. Медл. теряет H_2O при комн. т.; безводн. при 100°C. Спектр: <i>транс</i> рН 2 λ_{max} 267 нм; рН 5 264 нм; рН 7,2–11 277 нм (ϵ 18800) [JBC 201, 775 (1953)]; <i>цис</i> рН 2 λ_{max} 269 нм; рН 5 263 нм; рН 10,7 282 нм. Na-соль и гидрохлорид: х. р. H_2O.
Фенилаланин (2-амино-3-фенилпропионовая кислота: Phe)	 $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ M 165,2	Листочки или иглы. Субл. в вакууме. $t_{\text{пл}}$ DL $271 \div 273$ (разл.); L $283 \div 284$ (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ $L -4,47$ ($c = 1 \div 2$ в 5 М HCl); $-34,5$ ($c = 1 \div 2$ в H_2O). pK_a 2,20; 9,31. Раств-сть: DL $1,42^{25}$, $3,71^{75}$ H_2O; м. р. EtOH; н. р. эф.; L $2,96^{25}$, $6,62^{75}$ H_2O; о. п. р. MeOH, EtOH; н. р. эф. Неуст. к щел.; 75% разрушается за 5 ч при $110\text{--}115^\circ\text{C}$ в 5 М NaOH. Спектр: в 0,1 М HCl λ_{max} 257,5 нм, ϵ 195, с изменением рН меняется незначительно; имеется несколько минорных пиков между 240 и 270 нм [Adv. Protein Chem. 7, 319 (1952)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Цистеин (2-амино-3-меркаптопропионовая кислота; Cys)	$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 121,2 Гидрохлорид: M 157,6	95%-ный EtOH; гидрохлорид: р. H_2O , EtOH. Предохраняет от радиационного поражения. Свободное основание очень неуст., окисл. на возд. и должно быть использов. сразу после получ. Гидрохлорид более уст. N-Ацетилцистеин: гигр. масло; $t_{\text{пл}}$ $138 \div 140^\circ$.
L-Цистеиновая кислота (3-сульфо-L-аланин; 2-амино-3-сульфопропионовая кислота)	$\text{HO}_3\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 169,2 Гидрат: M 187,2	L: крист. порошок. $t_{\text{пл}}$ 240 (разл.). Гидрохлорид: м. гигр. крист. $t_{\text{пл}}$ 178 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L + 6,5 ($c = 2$ в 5 M HCl); $-16,5$ ($c = 2$ в H_2O). pK_a 1,92 (COOH); 8,37; 10,70. Раств.-сть: х. р. H_2O , EtOH; р. лед. укс. кисл., NH_4OH ; н. р. эф., ал.; гидрохлорид х. р. H_2O ; р. EtOH, ал. Водн. раств. окисл. до цистина при контакте с возд. при нейтр. и щел. pH. Окисл. ускоряется в присутствии тяжелых металлов, особ. Cu и Fe. Отн. уст. в кисл.; хранить в виде гидрохлорида. S-Карбоксиметил-L-цистеин: $t_{\text{пл}}$ $197 \div 203$; $[\alpha]_D^{25}$ 0,0. Получ. см. [J. Org. Chem. 23, 1251 (1958)].
L-Цистеинсульфиновая кислота (α-амино-β-сульфинопропионовая кислота; 3-сульфино-L-аланин)	$\text{HO}_2\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 153,2	Безводн. бесцв. крист. из водн. EtOH. $t_{\text{пл}}$ 260 (разл.). Призмы или иглы + 1 H_2O из H_2O . $t_{\text{пл}}$ 289 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ + 8,66 ($c = 7,4$ в H_2O). pK_a 1,3 (SO_3H); 1,9 (COOH); 8,70 (NH_2). Раств.-сть: х. р. H_2O ; н. р. EtOH. При нагрев. с H_2O под давл. образует таурин.
Цистин (3,3'-дигиобис(2-аминопропионовая кислота), дицистеин)	$\text{S} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ $\text{S} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ M 240,3	Крист. $t_{\text{разл}}$ $152 \div 153$ (вспенивание). $[\alpha]_D^{25}$ + 11 (в H_2O); + 24 ($c = 1$ в 1 M HCl). $pK_a \sim 2,1$. Раств.-сть: р. H_2O . В результате р-ции с цистеином в H_2O образует цистин.
Цитруллин (N-5-аминокарбонилорнитин; N-δ-карбамоилорнитин; 2-амино-5-уреидопентановая кислота)	$\text{O}=\text{C} \begin{array}{l} \text{NH} \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH} \\ \text{NH}_2 \end{array}$ M 175,2	DL и L: крист. $t_{\text{пл}}$ 260 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L -232 ($c = 1$ в 5 M HCl); -70 ($c = 1$ в 1 M NaOH). $pK_a < 1^{35}$, $2,1^{35}$, $8,02^{35}$, $8,71^{35}$. Раств.-сть: DL 0,003 ²⁰ , 0,01 ⁵⁰ H_2O ; L 0,011 ²⁵ , 0,052 ⁷⁵ , 0,114 ¹⁰⁰ H_2O ; р. минер. кисл., щел., NH_4OH ; н. р. EtOH, эф., CHCl_3 . Большие потери происходят при кисл. гидрол. белка в присутствии углеводов. Спектр: λ_{max} 249 нм, ϵ 340 (в 0,1 M NaOH). мезо-Цистин: $t_{\text{разл}}$ $200 \div 218$. Раств.-сть: 0,0056 ²⁵ H_2O . Выд. см. [JBC 102, 287 (1933)]. Диметил-L-цистин: $t_{\text{пл}}$ $216 \div 218$; $[\alpha]_D^{22}$ + 75,7 ($c = 1$ в 1 M HCl). Бел. иглы. $t_{\text{пл}}$ 220 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ L + 4,0 ($c = 2$ в H_2O); + 24,2 ($c = 2$ в 1 M HCl). pK_a L 2,43; 9,69. Раств.-сть: р. H_2O ; н. р. MeOH, EtOH, эф. Уст. к кисл., неуст. к

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
β-Эндорфин (С-фрагмент)	$\begin{array}{ccccccc} \text{Tyr-Gly-Gly-Phe-Met-Thr-Ser-Glu-Lys-} & & & & & & \\ & 10 & & 15 & & & \\ \text{Ser-Gln-Thr-Pro-Leu-Val-Thr-Leu-Phe-} & & & & & & \\ & 20 & & 25 & & & \\ \text{Lys-Asn-Ala-Ile-Ile-Lys-Asp-Ala-Tyr-} & & & & & & \\ & 30 & & & & & \\ \text{Lys-Lys-Gly-Gln} & & & & & & \\ \beta\text{-эндорфин (человека)} & & & & & & \\ M\ 3464 \end{array}$	щел. (образуется орнитин, NH_3 и CO_2). Гидрохлорид (L): $t_{\text{пл}}$ 185 (разл.); $[\alpha]_D^{22} + 17,9$ ($c = 2$ в H_2O). Бел. аморф. порошок. Природный опиоидный пептид обладает мощным агонистическим действием на опиатные рецепторы. Действие подавляется налоксоном. β-Эндорфин имеет ту же аминокислотную последовательность, что и β-лихотропин в области остатков 61–91. α-Эндорфин соответствует 1–16 остаткам β-эндорфина, γ-эндорфин – 1–17 остаткам и δ-эндорфин – 1–27 остаткам; все они обладают опиоидной активностью. Эндорфин – общее название эндогенных пептидов, обладающих опиоидной активностью; перечисленные здесь эндорфины и энкефалины – наиболее охарактеризованные члены гр.
Энкефалин	$\begin{array}{l} \text{Tyr-Gly-Gly-Phe-Met} \\ [\text{Met}^5]\text{-энкефалин} \\ M\ 574 \\ \\ \text{Tyr-Gly-Gly-Phe-Leu} \\ [\text{Leu}^5]\text{-энкефалин} \\ M\ 556 \end{array}$	Бел. аморф. порошок. Природные опиоидные пептиды обладают мощным агонистическим действием на опиатные рецепторы. Действие подавляется налоксоном. [Met⁵]-энкефалин имеет ту же аминокислотную последовательность, что и эндорфины в области остатков 1–5. Неуст. в крови; от N-конца отщепляется Tyr. Аналог, [D-Ala², Met⁵]-энкефалинамид, обладает более сильной и длительной фармакол. активностью, т.к. не разрушается столь быстро, как энкефалин.
L-Эрготионеин (тионеин; тиолгистидинтриметилбетаин; бетаин 2-меркаптогистидина)	 $\text{CH}_2\text{-CH(N}^+(\text{CH}_3)_3\text{)-COO}^-$ M 229,3 Гидрат: M 265,3	Листочки + 2 H_2O из H_2O. Безводн. иглы из EtOH. $t_{\text{пл}}$ 256 ÷ 257 (разл.). $[\alpha]_D^{27,5} + 115$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: 11,6²⁰, х. р. гор. H_2O; м. р. гор. EtOH; н. р. хол. EtOH, CHCl_3, бенз. Более мощный восстановитель, чем цистеин и глутатион. С сильн. щел. дает триметиламин и тиолмимдазол-4-акриловую кисл. Спектр: λ_{max} 258 нм, ϵ 16000 (pH 2–9). Получ. см. [Vitams Norm. 17, 155 (1959); JCS 1951, 2215].
Этаноламин (2-аминоэтанол; 2-гидроксипропиламин; коламин)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ M 61,1	Вязк. гигр. бесцв. жидк. d_4^{20} 1,018. $t_{\text{пл}}$ 10,5, $t_{\text{кип}}$ 170,8. pK_a 9,65²⁰, 9,35³⁰, 9,07⁴⁰. Раств-сть: ∞ H_2O, EtOH; 0,72 эф.; р. CHCl_3; м. р. бенз. Поглощает CO_2 из возд. Гидрохлорид: распл. крист.; $t_{\text{пл}}$ 76.
Этаноламин, цитидиндифосфатное производное (CDP-этанолмин; цитидин-5'-дифосфозетаноламин)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O-CDP}$ CDP – цитидин-5'-дифосфатный остаток M 446,3	Гигр. порошок. Раств-сть: р. H_2O.

2 Карбоновые кислоты, спирты, альдегиды и кетоны

Карбоновые кислоты и альдегиды, содержащие семь или более атомов углерода, включены в разд. 8 «Липиды и высокомолекулярные кислоты».

Оптически активные соединения. Для некоторых оптически активных соединений приведены свойства только одного оптического изомера (энантиомера), обычно наиболее часто встречаемого (в живых организмах). Свойства другого энантиомера аналогичны, за исключением того, что знак оптического вращения обратный.

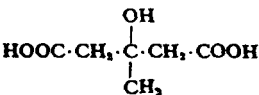
pK_a . Большинство данных взято из работы [Kortüm G., Vogel W., Andrussow K. Dissociation constants of organic acids in aqueous solution, Butterworth, 1961; Serjeant E. P., Dempsey B. Ionisation constants of organic acids in aqueous solution, IUPAC Chemical Data Series No. 23, Pergamon, 1979].

Способность образовывать хелаты с металлами отражена в разд. 17 «Константы устойчивости для комплексов металлов».

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Адипиновая кислота (гександиовая кислота; бутан-1,4-дикарбоновая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ M 146,1	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ 153. $t_{\text{кри}}$ 265 ¹⁰⁰ . pK_a 4,44; 5,44. Раств-сть: 1,5 ¹⁵ , 160 ¹⁰⁰ H ₂ O; х. р. EtOH; р. ал.; 0,6 ¹⁵ эф.; н. р. бенз.
Аконитовая кислота, <i>цис</i> -изомер (пропен-1,2,3-трикарбоновая кислота)	$\text{HOOC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \underset{\text{HC} \cdot \text{COOH}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}} \cdot \text{COOH}$ M 174,1	Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}}$ 130. pK_a 1,95 ²⁰ . Раств-сть: р. H ₂ O; м. р. эф. В тв. состоянии уст. в течение ≥ 3 мес при комн. т. В раств. уст. при pH 7–10, но изомеризуется в <i>транс</i> -изомер при более высоких и низких pH [J. Org. Chem. 13, 399 (1948); BJ 38, 426 (1944)]. Обзор см. [Adv. Carbohydr. Chem. 6, 231 (1951)].
<i>транс</i> -изомер	$\text{HOOC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \underset{\text{HOOC} \cdot \text{CH}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}} \cdot \text{COOH}$ M 174,1	Крист. $t_{\text{пл}}$ 190 ÷ 210 (разл.). pK_a 2,80; 4,46. Раств-сть: 26,4 ²⁵ , 110,7 ⁹⁰ H ₂ O; 50 ¹² 88%-ный EtOH; м. р. эф. Соли обычно получают нейтрализацией ангидрида.
Акриловая кислота (пропен-2-овая кислота; винилмуравьиная кислота)	$\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ M 72,1	Бесцв. жидк. d_4^{16} 1,062. Едкий запах. $t_{\text{пл}}$ 13. $t_{\text{кри}}$ 142 ⁴ , 54 ÷ 56 ²⁵ . pK_a 4,25. Раств-сть: ∞ H ₂ O, EtOH, эф. Едкое в-во, вызывающее коррозию. Легко полимеризуется в присутствии O ₂ . Стабилизируется добавл. гидрохинона. $\lambda_{\text{max}} < 210$ нм; λ_{max} и ϵ меняются с конц.
Ацетальдегид (этаналь)	CH_3CHO M 44,1	Бесцв. дымящая воспламеняющаяся жидк. d_4^{16} 0,788. $t_{\text{пл}}$ – 121. $t_{\text{кри}}$ 21. Раств-сть: ∞ H ₂ O, EtOH, эф., бенз. Перегнаный ацетальдегид в виде 2 М водн. раст. можно хранить при – 20°C неограниченно долго. Разб. раств. можно хранить на хол. ≥ 1

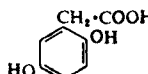
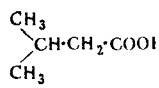
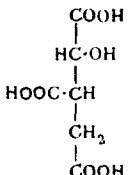
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Ацетоин (3-гидроксипропанон-2; ацетилметилкарбинол)	$\text{CH}_3\text{COC}(\text{OH})\text{CH}_3$ M 88,1	нел. Легко полимеризуется при комн. т. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 167; спектр: в CHCl_3 λ_{max} 354 нм, ϵ 22200 (нейтр. среда); λ_{max} 430 нм, ϵ 22500 (щел. среда). ($\pm$): жидк. d_4^{20} 1,006. Приятный запах. $t_{\text{пл}}$ -72. $t_{\text{кри}}$ 148. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH ; м. р. эф. Восстанавливает жидк. Фелинга. В тв. состоянии образует димеры; $t_{\text{пл}}$ 95. Димер $\rightarrow$ мономер в водн. раств. (-) Ацетоин: $[\alpha]_D \sim -82$.
Ацетон (пропанон-2, диметилкетон)	CH_3COCH_3 M 58,1	Бесцв. воспламеняющаяся жидк. d_4^{20} 0,792. $t_{\text{пл}}$ -95. $t_{\text{кри}}$ 56,2. Раств-сть: ∞ H_2O , EtOH , эф., большинство орг. раств-лей. 2,4-Динитрофенилгидразон: желт. иглы; $t_{\text{пл}}$ 128; спектр: в CHCl_3 λ_{max} 364 нм, ϵ 22400 (нейтр. среда); λ_{max} 431 (ϵ 20000) и 530 нм (щел. среда).
Ацетоуксусная кислота (3-оксобутановая кислота)	$\text{CH}_3\text{COCCH}_2\text{COOH}$ M 102,1	Бесцв. сироп или крист. $t_{\text{пл}}$ 36 $\div$ 37. pK_a 3,62. Раств-сть: ∞ H_2O , EtOH ; р. эф. Неуст. при нагрев. Крист. уст. в сухом состоянии, но плавятся на возд. Соли часто получают в водн. раств. путем гидрол. свеженерегнанного этилового эфира небольшим избытком щел. Негигр. крист. $t_{\text{пл}}$ 180 $\div$ 190 (разл.). Раств-сть: р. H_2O , MeOH . Уст. несколько мес. в вакууме при 0-4°C. Нейтр. раств. уст. $\geq 2-3$ нед. при -15°C. Спектр: λ_{max} 273 нм, ϵ 50 (в H_2O); λ_{max} 267 нм, ϵ 148 (в 0,1 М NaOH); λ_{max} 247 нм, ϵ 73 (в 0,1 М HCl). Получ. см. [Biochem. Preps. 10, 1 (1963)].
Li-соль	$\text{CH}_3\text{COCCH}_2\text{COOLi}$ M 108,0	Крист. $t_{\text{пл}}$ 122. $t_{\text{кри}}$ 249. pK_a 4,2. Раств-сть: 0,18 ⁴ , 0,29 ²⁰ , 6,8 ⁹⁵ H_2O ; 47,1 ¹⁵ , 66 ⁷⁸ EtOH ; 40 ¹⁵ эф.; 22 CHCl_3 . Начинает субл. при 100°C. Спектр: в H_2O λ_{max} 230 нм (ϵ 11600) и 273 нм (ϵ 970); бензоат-анион в H_2O 224 нм (ϵ 8700) и 268 нм (ϵ 560).
Бензойная кислота (бензолкарбоновая кислота)	 M 122,1	Бел. аморф. порошок. Раств-сть: 66 ²⁰ , 74,2 ¹⁰⁰ H_2O ; 1,64 ²⁵ , 8,3 ⁷⁸ EtOH . Водн. раств. имеет слабощел. р-цию ($\text{pH} \sim 8$). Бел. крист. порошок. Раств-сть: 52 ²⁵ , 112 ¹⁰⁰ H_2O ; р. безв. EtOH . Теряет H_2O при 110°C.
Na-соль	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$ M 144,1	
K-соль	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 214,3	

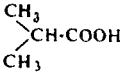
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Бутандиол-2,3 (2,3-бутиленгликоль)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{НСОН} \\ \\ \text{НСОН} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{мезо- (эритро-)} \\ M\ 90,1 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{НОСН} \\ \\ \text{НСОН} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{D- (трео-)} \end{array} $	<i>Мезо</i>: гигр. крист. t 34,4. $t_{\text{пл}}^{20}$ 181,7. DL: жидк. d_4^{20} 1,003. $t_{\text{пл}}^{20}$ 7,6. $t_{\text{пл}}^{180}$ 182,5. D: гигр. крист. t 34. $t_{\text{пл}}^{180}$ 180 ÷ 182. $[\alpha]_D^{25}$ - 13,2 (чистое в-во). Раств-сть: <i>мезо</i> х. р. H₂O; р. EtOH, эф.; DL, D и L: ∞ H₂O, EtOH; р. эф. Три изомера <i>мезо</i>- (эритро-), D(-)-<i>трео</i>- и L(+)-<i>трео</i>- образуются при брожении, вызываемом разл. организмами, напр. <i>Aerobacter aerogenes</i> образует 90-95% <i>мезо</i>- плюс небольшое кол-во L(+)-изомера, а <i>Bacillus polymyxa</i> образует только D(-)-изомер. В продажу поступает обычно <i>мезо</i>- или D(-)-изомер.
<i>n</i> -Валериановая кислота (пентановая кислота)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH} \\ M\ 102,1 \end{array} $	Бесцв. жидк. d_4^{20} 0,939. t - 59. $t_{\text{пл}}^{20}$ - 33,8. $t_{\text{пл}}^{186}$ 186. pK_a 4,81. Раств-сть: 3,7¹⁶ H₂O; р. EtOH, эф. Соли менее раств., чем соли изовалериановой кисл.
Винная кислота (2,3-дигидроксиянтарная кислота; DL-рацемическая кислота; виноградная кислота; L(+)-обыкновенная винная кислота; L _g -трео-дигидроксibuтандиовая кислота; мезо-антивинная кислота; эритро-дигидроксibuтандиовая кислота)	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{НС-ОН} \\ \\ \text{НО СН} \\ \\ \text{COOH} \\ \text{L(+)} \\ M\ 150,1 \\ \text{Моногидрат: } M\ 168,1 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{НС-ОН} \\ \\ \text{НС-ОН} \\ \\ \text{COOH} \\ \text{мезо} \end{array} $	DL: крист. + 1 H₂O, слабо выветриваются; t безводн. 206. L(+): призм. $t_{\text{пл}}^{171}$ 171-174. $[\alpha]_D^{20}$ + 12,0 (c = 20 в H₂O); $[\alpha]_D$ + 0,47 (в MeOH). <i>Мезо</i>: пластинки + 1 H₂O. $t_{\text{пл}}^{146}$ 146 ÷ 148. pK_a DL, D и L 3,03; 4,37; <i>мезо</i> 3,17; 4,91. Раств-сть: DL 9,23⁹, 20,6²⁰, 185¹⁰⁰ H₂O; 3,9²⁵ EtOH; 1,1 эф.; L(+)+ 139,5²⁰, 343¹⁰⁰ H₂O; 20,4¹⁵ EtOH; 0,4 эф.; р. MeOH, ал.; н.р. CHCl₃; <i>мезо</i>: 125¹⁵ H₂O; р. EtOH; м.р. эф. DL: гидрат теряет H₂O при 100°C. Безводн. форма может быть также получена перекр. из H₂O > 73°C или из EtOH. L(+): широко распространен в плодах, винах и т.д. D(-)-изомер встречается в природе, напр. в вине, но в гораздо меньших кол-вах, чем L-изомер. DL: призмы или бел. гранулы. Раств-сть: х. р. H₂O; о. п. р. EtOH. L(+): бел. крист. $[\alpha]_D^{15}$ + 34,6 (c = 1,84 в H₂O). Раств-сть: 58,1¹⁵, 87,2⁶⁰ H₂O; м.р. EtOH. Крист. медл. выделяют NH₃. Водн. раств. имеет слаб. окисл. р-цию (pH 6,5). DL: бел. монокл. крист. + 1H₂O. Раств-сть: 8,9¹⁹ H₂O; н.р. EtOH. L(+): бел. крист. + 1H₂O; $[\alpha]_D^{19}$ + 21,8 (в H₂O). Раств-сть: 6,7¹⁸, 50¹⁰⁰ H₂O; о. п. р. EtOH. Теряет H₂O при 100°C. Разл. без плавл. при 219 (DL) или 234°C (L(+)). Водн. раств. имеет кисл. р-цию.
соль NH ₄	$ \begin{array}{c} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6(\text{NH}_4)_2 \\ M\ 184,2 \end{array} $	
кислая соль Na	$ \begin{array}{c} \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{NaH} \cdot \text{H}_2\text{O} \\ \text{Гидрат: } M\ 190,1 \end{array} $	

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
кислая соль К (L-неочищенный винный камень; винный камень; кислый виннокислый калий)	$C_4H_4O_6 \cdot KH$ M 188,2	DL: бесцв. крист. Раств-сть: 0,42 ²⁵ , 7,0 ¹⁰⁰ H ₂ O; н.р. EtOH. L: крист. или бел. порошок. Раств-сть: 0,53 ²⁰ , 6,1 ¹⁰⁰ H ₂ O; н.р. EtOH; р. разб. кисл. и щел. Водн. раств. имеет кисл. р-цию.
соль К (L растворимый винный камень)	$C_4H_4O_6K_2 \cdot 1/2H_2O$ Гидрат: M 235,3	L: бесцв. крист. Раств-сть: 150 ¹⁴ , 278 ¹⁰⁰ H ₂ O; о.п.р. EtOH. Теряет H ₂ O при ~150°C. pH водн. раств. 7-8.
соль KNa (L: виннокислый калий-натрий; сегнетова соль)	$C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$ Гидрат: M 282,2	L: крист. или порошок; слабо выветривается. Раств-сть: 26 ⁹ , 66 ²⁶ H ₂ O; о.п.р. EtOH. Теряет 3 H ₂ O при 100°C, безводн. при 130 ÷ 140°C, разл. при 220°C. pH водн. раств. 7-8.
Гексановая кислота (капрооновая кислота)	$CH_3(CH_2)_4COOH$ M 116,2	Бесцв. маслянистая жидк. d_4^{20} 0,927. $t_{пл} -3,4$, $t_{кип}$ 205. pK_a 4,85. Раств-сть: 0,97 ²⁰ , 1,17 ⁶⁰ H ₂ O; р. EtOH, эф.
n-Гидроксibenзойная кислота (4-гидроксibenзойная кислота)	 M 138,1 Гидрат: M 156,1	Бесцв. монокл. крист. +1H ₂ O. $t_{пл}$ 213 ÷ 214. pK_a 4,67; 9,37. Раств-сть: 0,8 ¹⁵ , 2,6 ⁷⁵ H ₂ O; 39,3 ¹⁵ EtOH; 9,4 ¹⁷ эф.; 0,01 ¹¹ бенз.; н.р. CS ₂ . Не дает окрашивания с FeCl ₃ . Спектр: в 0,1M HCl λ_{max} 207,5 нм (ϵ 13400) и 255 нм (ϵ 13900); при pH 8 (отщепление 1 H ⁺) 245 нм (ϵ 11900); в 1M NaOH (отщепление 2H ⁺) 280 нм (ϵ 16300).
3-Гидроксимасляная кислота (3-гидроксibутановая кислота; β -гидроксимасляная кислота)	$CH_3CHONCH_2COOH$ M 104,1	DL: гигр. сироп. D: гигр. сироп. $[\alpha]_D^{15} -25,3$ (c 6,1 в H ₂ O). pK_a 4,41. Раств-сть: DL, D и L х. р. H ₂ O, EtOH, эф. Перегоняется с паром. Разл. при сухой перегонке, давая кротоновую кисл. и H ₂ O. Сообщается, что D(-)-изомер способен кристаллизоваться после нескольких мес. стояния, давая о. гигр. крист.; $t_{пл}$ 45 ÷ 48. D(-)-изомер найден в моче больных диабетом и в виде поли- β -гидроксимасляной кисл. в бактериях, однако как промежуточный продукт при окислении жирных кисл. образуется CoA-эфир L(+)-изомера. Получ. D- и L-изомеров и их солей см. [Biochem. Preps. 9, 63 (1962)].
соль Na	$C_4H_7O_3Na$ M 126,1	D: гигр. бел. крист. $[\alpha]_D^{17} -14,2$ (c 8,4 в H ₂ O).
3-Гидрокси-3-метилглутаровая кислота (β -гидрокси- β -метилглутаровая кислота; HMG)	 M 162,2	Бесцв. чешуйки. $t_{пл}$ 108 ÷ 109. Раств-сть: р. H ₂ O, эф. Уст. при хранении в сухом виде. Ангидрид: иглы; $t_{пл}$ 102 ÷ 103; р. H ₂ O (дает кисл.).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Гидроксипириновиноградная кислота (3-гидрокси-2-оксопропионовая кислота)	$\text{HOCH}_2\text{COCOON}$ $M 104,1$ Гидрат: $M 122,1$	Бел. негигр. крист. $+1 \text{ H}_2\text{O}$. $t_{\text{пл}} 81 \div 82$ (энергично разл.). Раств-сть: р. H_2O , эф., ал. Лучшее всего хранить в слабокисл. раств., разл. в щел. раств. при pH 11,6. Свободная кисл. существует в оксоформе в тв. состоянии и в водн. раств. Кристаллизационная H_2O удаляется с трудом. Бесцв. крист. Раств-сть: р. H_2O . В тв. состоянии существует в виде гидратированного диола, но в водн. раств., по-видимому, в виде оксоформы. В тв. состоянии при 4°C уст. в течение многих мес. Менее уст. в водн. раств., особ. в присутствии щел. Получ. см. [Biochem. Preps. 9, 86 (1962)].
соль Li	$\text{HOCH}_2\text{C}(\text{OH})_2\text{COOLi}$ $M 128,0$ (гидратированный диол)	
<i>n</i> -Гидроксибензилмолочная кислота	$\text{CH}_2=\text{CH}(\text{OH})\cdot\text{COOH}$  $M 182,2$ Полугидрат: $M 191,2$ Моногидрат: $M 200,2$	DL: иглы $+1 \text{ H}_2\text{O}$. $t_{\text{пл}}$ безводн. 144. L: иглы $+1/2 \text{ H}_2\text{O}$. $t_{\text{пл}} 169 \div 170$. $[\alpha]_{\text{D}} -19,6$ ($c \approx 1,3$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , EtOH; м. р. эф. Гидрат теряет H_2O при 100°C , но не над конц. H_2SO_4 . Получ. см. [JACS 73, 4972 (1951)].
<i>n</i> -Гидроксибензилпириновиноградная кислота	$\text{CH}_2=\text{CO}\cdot\text{COOH}$  $M 180,2$	Гекс. пластинки. $t_{\text{пл}} 220$ (разл.). Раств-сть: р. EtOH, эф., Et-ацетат; м. р. H_2O , бенз. Разл. в горячих водн. раств. в присутствии возд. Быстро окисл. в щел. раств. до <i>n</i> -гидроксибензальдегида. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}} 178$. Получ. см. [JBC 197, 309 (1952); Org. Synth. 43, 49 (1963)].
Гликолевая кислота (гидроксиэтановая кислота; гидроксиуксусная кислота)	HOCH_2COOH $M 76,1$	Листочки или иглы, гигр. $t_{\text{пл}} 80$. pK _a 3,83. Раств-сть: р. H_2O , EtOH, эф.
Гликольальдегид (гидроксиэтаналь; гидроксиацетальдегид)	HOCH_2CHO $M 60,1$	Бесцв. пластинки. $t_{\text{пл}} 97$. Раств-сть: х. р. H_2O ; гор. EtOH; м. р. эф. Свежеприготовленные водн. раств. содержат димер, который переходит в мономер при стоянии за 24 ч.
Глиоксаль (этандиаль; диформил)	ONCCNO $M 58,0$	Желт. призмы. $t_{\text{пл}} 15$. $t_{\text{кип}} 51$. Раств-сть: х. р. H_2O ; р. EtOH, эф. Быстро полимеризуется при стоянии или в присутствии сл. H_2O . Мономер получ. перегонкой полиглиоксали.
Глиоксилловая кислота (оксоэтановая кислота)	ONCCOOH $M 74,0$ Моногидрат: $M 92,1$	Сироп. или гигр. призмы. pK _a 3,18 ³⁰ . Раств-сть: х. р. H_2O ; м. р. EtOH, эф. Степень гидратации глиоксилловой кисл. по разным данным различна. Обычная форма — моногидрат с гидратированной оксогруппой, но выделены также полугидрат ($t_{\text{пл}} 70 \div 75$) и безводн. форма ($t_{\text{пл}} 98$). Семикарбазон: $\lambda_{\text{max}} 252 \text{ нм}$, $\epsilon 12400$ (в H_2O).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
соль Na	$\text{ONHCCOONa} \cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 114,0	Крист. Раств-сть: р. H_2O . Уст. в нейтр. или слабокисл. водн. раств.
Глицеральдегид (2,3-дигидроксипропаналь; глицериновый альдегид)	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ D-форма M 90,1 $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ L-форма	DL: димер, крист. (иглы). t_m димера $132 \div 145$; мономера $69 \div 70$. Раств-сть: $3^{18} \text{H}_2\text{O}$; о. п. р. EtOH , эф.; и. р. бенз. D: сироп; $[\alpha]_D^{25} + 8,7$ ($c = 2$ в H_2O); $+ 14$ (в H_2O). L: сироп $[\alpha]_D^{25} - 8,7$ ($c = 2$ в H_2O); $- 14$ (в H_2O). Раств-сть: D и L р. H_2O . DL: в тв. состоянии обычно димер. Деполимеризуется в раств. t_m зависит от скорости нагрев. D и L: быстро полимеризуются. $[\alpha]_D$ меняется во времени от ± 14 и до ± 7 (через 1 нед); полн. активный материал можно регенерировать [JACS 61, 761 (1939)]. Легко изомеризуется в дигидроксиацетон при обработке щел. Димедоновое производное: t_m 198; $[\alpha]_D^{25} \pm 210$ ($c = 0,6$ в EtOH) (D - правовращающее производное). Получ. см. [Methods Carbohydr. Chem. 1, 61 (1962)].
Глицерин (1,2,3-тригидроксипропан; пропантриол-1,2,3)	CH_2OH $ $ CHOH $ $ CH_2OH M 92,1	Гигр. ромб. крист. или бесцв. вязк. жидк. $d_4^{20} 1,261$. t_m 20. $t_m \sim 0$. t_m 290 (разл.). Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$, EtOH ; 0,2 эф.; н. р. CHCl_3 , бенз. См. обзор [Glycerol, eds. Milner and Dalton, A. C. S. Monograph Series No. 117, Reinhold (1953)].
цитидиндифосфатное производное (цитидин-5'-дифосфатглицерин; CDP-глицерин)	CH_2OH $ $ CHOH $ $ $\text{CH}_2\text{O} - \text{CDP}$ CDP - цитидин-5'-дифосфатный остаток M 477,2	Лабилен в кисл. и щел. Гидрол. в 1 M HCl при 100°C за 30 мин дает цитидин-5'-фосфат и смесь <i>sn</i> -глицерин-3-фосфата и глицерин-2-фосфата. Действие конц. NH_3 при 100°C в течение 1 ч приводит к частичному гидрол. до цитидин-5'-фосфата и <i>sn</i> -глицерин-2,3-циклофосфата. Глицеринфосфатный остаток имеет <i>sn</i> -3-(или L- α -) конфигурацию. Выд. см. [BJ 64, 599 (1956)]. Синт. см. [JCS 1958, 3107; JACS 83, 659 (1961)]. Ферм. получ. см. [BJ 110, 565 (1968); JBC 239, 3168 (1964)].
Глицериновая кислота (2,3-дигидроксипропионовая кислота)	COOH $ $ $\text{H} - \text{C} - \text{OH}$ $ $ CH_2OH D-форма M 106,1	DL: сироп. D: сироп, левовращающая форма. pK_a 3,52. Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$, EtOH ; х. р. ац.; н. р. эф. При длительном стоянии полимеризуется и образует ангидрид. Соли D-кислоты правовращающие и более раств. в H_2O , чем соли DL-кислоты.
соль Ca	$(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_4)_2\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 286,3	DL: крист. t_m 137 $\div$ 138. D: крист. t_m 142 $\div$ 143. $[\alpha]_D^{20} + 14,5$ ($c = 5$ безводн. в H_2O). Раств-сть: DL 3,85 ²⁰ (безводн.) H_2O ; и. р. EtOH , эф.; L 9,32 ²⁰ (безводн.) H_2O . Теряет H_2O при 130°C . $[\alpha]_D$ D- и L- кислот варьрует от $+11,6$ до $\pm 15,5$ (в H_2O). Получ. D и L см. [JACS 61, 2607 (1939)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Глутаровая кислота (пентан-диовая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ M 132,1	Монокл. призмы или иглы. $t_{\text{пл}}$ 99. $t_{\text{вп}}$ 304 (разл.). pK_a 4,35; 5,40. Раств-сть: 64^{20} H_2O ; х. р. EtOH, эф.; р. CHCl_3 . Перекр. из бенз.
Гомогентизиновая кислота (2,5-дигидроксифенилуксусная кислота)	 M 168,2 Гидрат: M 186,2	Безводн. листочки из EtOH - CHCl_3 ; $t_{\text{пл}}$ 152 ÷ 154. Призмы + H_2O из H_2O . pK_a 4,40. Раств-сть: 85^{25} H_2O ; р. EtOH, эф.; н. р. CHCl_3 , бенз. Нейтр. или кисл. водн. раств. уст., быстро разл. под действием щел. Спектр: λ_{max} 290 нм, ϵ 3430 (в 0,03 М фосфате, рН 6,8). Окисл. до бензохинонуксусной кислоты (λ_{max} 250 нм, ϵ 10790). Легко образует лактон 2-оксо-5-гидроксикумаран: бел. крист.; $t_{\text{пл}}$ 188 ÷ 189; раств-сть: 0,075 H_2O ; уст. на возд. и в кисл. или нейтр. водн. раств., разл. щел.; спектр: λ_{max} 288 нм (в H_2O).
Диацетил (бутандион-2,3; диметилглиоксаль)	$\text{CH}_3\text{COCOCH}_3$ M 86,1	Зел.-желт. жидк. d_4^{25} 0,990. $t_{\text{пл}}$ - 2,4. $t_{\text{вп}}$ 88. Раств-сть: 25^{15} H_2O ; ∞ EtOH, эф. Образует тримеры.
Дигидроксиацетон (1,3-дигидроксипропанон)	$\text{HOCH}_2\text{COCH}_2\text{OH}$ M 90, 1	Крист. (димер), гигр. $t_{\text{пл}} \sim 80$. Раств-сть: р. H_2O , гор. EtOH; о. п. р. хол. EtOH, эф. Быстро превращается в мономер в вод. раств. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 277 ÷ 278 (разл.).
Изовалериановая кислота (3-метилбутановая кислота)	 M 102,1 соль Na $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_2\text{Na}$ M 124,1 соль Ca $(\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_2)_2\text{Ca} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 296, 4	Бесцв. жидк. d_4^{20} 0,930. $t_{\text{пл}}$ - 37,6. $t_{\text{вп}}$ ÷ 29,3. $t_{\text{вп}}$ 176,7. pK_a 4,78. Раств-сть: $4,2^{20}$ H_2O ; ∞ EtOH, эф., CHCl_3 . Соли более раств., чем соли <i>n</i> -валериановой кисл. Гигр. бесцв. крист. или бесформенная масса. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. Иногда называют валератом натрия. Крист. порошок. Раств-сть (на безводн. соль): 26^0 , $21,8^{20}$, $22,0^{40}$, $16,55^{100}$, H_2O . Крист. + H_2O из гор. водн. раств. Точка перехода $45,5^\circ\text{C}$.
Изолимонная кислота (1-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота)	 $\text{прео-D}_3(+)$ M 192,1	DL: призмы. $t_{\text{пл}} \sim 125$. <i>прео-D</i> ₃ : $[\alpha]_D + 30,6$ ($c = 1$ в H_2O). pK_a 3,29; 4,71; 6,40. Природное соединение — <i>прео-D</i> ₃ (+) — изомер; номенклатура см. [JBC 237, 1739 (1962)]. $[\alpha]_D$ в раств. молибдата аммония см. [BJ 45, 578 (1949)]. <i>прео-D</i> ₃ (+) — кислота дает лево-вращающий лактон: бесцв. иглы; $t_{\text{пл}}$ 156 ÷ 157; $[\alpha]_D - 60,4$ ($c = 1$ в H_2O); уст. при хранении в сухом состоянии. Лактон используется для приготовления стандартных раств. изолимонной кисл.

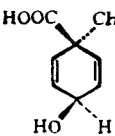
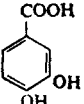
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
соль KNH_2	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{KNH}_2$ M 230,2	<i>Трео</i> -D ₈ ; иглы или призмы; разл. $179 \div 186$. Раств-сть: $3,5^\circ$, 50^{100} H_2O ; 0,4 50%-ный EtOH. При кипячении 2%-ного водн. раств. 48% превращается в лактон, равновесие достигается через 3 ч. В тв. (и сухом) виде уст. при 115°C . Быстро разл. при $179 \div 186^\circ\text{C}$ ($t_{\text{разл}}$ зависит от скорости нагрев.) с образованием гл. обр. лактона изолимонной кисл. Получ. см. [Biochem. Preps. 3, 44, 50, 52 (1953); 7, 72 (1960)].
Изомасляная кислота (2-метилпропановая кислота)	 M 88,1	Жидк. Едкий запах. d_4^{20} 0,950. $t_{\text{пл}} -47$. $t_{\text{кип}} 154,3$. pK_a 4,60. Раств-сть: 20^{20} H_2O ; ∞ EtOH, эф. Неограниченно смешивается с $\text{H}_2\text{O} > 24^\circ\text{C}$. Соли более раств. в H_2O , чем соли <i>n</i> -масляной кисл.
соль Na	$\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{Na}$ M 110,1	Крст. Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH.
соль Ca	$(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_2\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 304,4	Призмы + $5\text{H}_2\text{O}$. Раств-сть (на безводн. соль): $20,1^{10}$, $23,1^{25}$, $28,7^{62}$, $27,0^{80}$, $26,1^{100}$ H_2O . Раств-сть в H_2O достигает макс при $62,5^\circ\text{C}$. Кристаллизуется с 1 H_2O из гор. водн. раств. Точка перехода $62,5^\circ\text{C}$.
Итаконовая кислота (метиленбутандиовая кислота; метиленигтарная кислота)	$\text{HOOC}(\text{=CH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$ M 130,1	Гигр. бел. крист. $t_{\text{пл}} 175$, pK_a 3,63; 5,00. Раств-сть: $8,3^{20}$ H_2O ; 20^{15} 88%-ный EtOH; о. п. р. эф., бенз., CHCl_3 .
Катехин (бенздиол-1,2; 1,2-дигидроксibenзол; пирокатехин)	 M 110,1	Бесцв. листочки. $t_{\text{пл}} 105$; $t_{\text{кип}} 240 \div 245$. pK_a 9,34; ~ 13 . Раств-сть: $45,1^{20}$ H_2O ; х. р. EtOH; р. эф., бенз. Обесцвечивается на возд. и на свету. Восстанавливает жидк. Фелинга и аммиачный раств. AgNO_3 . Спектр: при pH 3 λ_{max} 214 нм (ϵ 6300) и 275,5 нм (ϵ 2300); при pH 11 236,5 нм (ϵ 6800) и 292 нм (ϵ 3500).
Коричная кислота, <i>транс</i> -форма (<i>транс</i> -3-фенилпропеновая кислота)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH=CHCOOH}$ M 148,2	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}} 135 \div 136$. $t_{\text{кип}} 300$. pK_a 4,44. Раств-сть: $0,1^{20}$, $0,59^{98}$ H_2O ; 23^{20} , EtOH; о. п. р. эф.; $5,9^{15}$ CHCl_3 . Перегоняется с паром. Спектр: в EtOH λ_{max} 273 нм, ϵ 20000.
Кроновая кислота, <i>транс</i> -форма (<i>транс</i> -2-бутеновая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH=CHCOOH}$ M 86,1	Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}} 71 \div 76$. $t_{\text{кип}} 185$. pK_a 4,70. Раств-сть: $7,6^{20}$ H_2O ; х. р. EtOH, ац.; м. р. лигроин. Изокроновая (<i>цис</i> -2-бутеновая) кислота: иглы; $t_{\text{пл}} 15,5$; $t_{\text{кип}} 169$; pK_a^{25} 4,42; р. H_2O ; дает кроновую кислоту в присутствии H_2O и на свету.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Лимонная кислота (2-гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\cdot\text{COOH} \\ \\ \text{HO}\cdot\text{C}\cdot\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2\cdot\text{COOH} \end{array} $ M 192,1 Гидрат: M 210,1	Безводн.: монокл. крист. $t_{\text{пл}}$ 153. Моногидрат: крист. + 1 H_2O. Размягчается 75. Плавится ~ 100. pK_a 3,13; 4,76; 6,40. Раств-сть (на безводн.): 146²⁰, 525¹⁰⁰ H_2O; 62²⁵ EtOH. 2,25¹⁵ эф. < 35,8 °C уст. моногидрат. Моногидрат теряет H_2O при 40–50 °C или при стоянии над конц. H_2SO_4 в эксикаторе или медл. при контакте с сухим возд. Распл. бел. крист. Раств-сть: х. р. хол. H_2O; н. р. EtOH, эф. Разл. в гор. H_2O.
соль NH_4	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7(\text{NH}_4)_3$ M 243,2	Бел. крист. (или гранулы) или порошок. Раств-сть: 72²⁵, 167¹⁰⁰ H_2O; н. р. EtOH. Теряет H_2O при 150 °C. Водн. раств. имеет слабощел. р-цию ($pH \sim 8$). Образуется также пентагидрат.
соль Na	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 294,1	Бел. крист. (или гранулы) или порошок. Раств-сть: 167¹⁵, 199,7³¹ H_2O; о. п. р. EtOH. Теряет H_2O при 180 °C. Водн. раств. имеет слабощел. р-цию ($pH \sim 8,5$).
соль K	$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{K}_3\cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 324,4	
Малеиновая кислота (цис-бутеидиновая кислота)	$ \begin{array}{c} \text{HC}\cdot\text{COOH} \\ \parallel \\ \text{HC}\cdot\text{COOH} \end{array} $ M 116,1	Бел. призм. $t_{\text{пл}}$ 139 ÷ 140. pK_a 1,97; 6,24. Раств-сть: 78,8²⁵, 392^{97,5} H_2O; 69,9³⁰ EtOH; 8²⁵ эф.; р. ал.; о. п. р. бенз. Спектр: в H_2O λ_{max} 210 нм, ϵ 32000.
Малоновая кислота (пропандиовая кислота)	$\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$ M 104,1	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ 135 (разл.). pK_a 2,85; 5,70. Раств-сть: 61,1⁰, 73,5²⁰, 92,6⁵⁰ H_2O; 57²⁰ EtOH; 5,7¹⁵ эф. 10^{-2} М растворы – мощный ингибитор некоторых ферментов, напр. сукцинатдегидрогеназы, фумаратгидратазы, лактат- и малатдегидрогеназ.
n-Масляная кислота (бутановая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ M 88,1	Бесцв. маслянистая жидк. d_4^{20} 0,959. Неприятный прогорклый запах. $t_{\text{пл}} - 4$. $t_{\text{зам}} - 19$. $t_{\text{кип}}$ 164. pK_a 4,82. Раств-сть: ∞ H_2O, EtOH, эф. Перегоняется с паром.
соль Na	$\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2\text{Na}$ M 110,1	Крист. Раств-сть: р. H_2O; м. р. EtOH.
соль Ca	$(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_2\text{Ca}\cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 232,3	Листочки или призм. Раств-сть (на безводн. соль): 18,2²⁰, 14,9⁷⁵, 15,85¹⁰⁰ H_2O. Раств-сть в H_2O достигает min при 75 °C.
Масляный альдегид (бутаналь)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ M 72,1	Бесцв. жидк. d_4^{20} 0,817²⁰. $t_{\text{пл}} - 99$. $t_{\text{кип}}$ 75. Раств-сть: 7,1²⁵ H_2O; ∞ EtOH; эф. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 123; спектр: в CHCl_3 λ_{max} 358 нм, ϵ 21000 (нейтр. среда); λ_{max} 426 нм, ϵ 20400 (шел. среда).

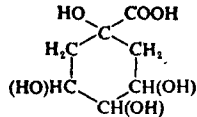
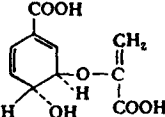
Синонимы (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Мевалоновая кислота (3,5-дигидрокси-3-метилпентановая кислота)	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ M 148,2	Масло. pK_a 4,3. Раств-сть: х. р. H_2O; р. CHCl_3. Природный изомер-(+), его лактон левовращающий; (-)-изомер биол. неактивен. В биол. систе-мах не различают кисл. и лактон. N,N'-Дибензилэтилендиаммониевая соль: крист.; $t_{пл}$ 124 ÷ 125. Лактон: гигр. крист.; $t_{пл}$ 28; х. р. H_2O, многие полярные орг. раств-ли; в кисл. раств. существует в равновесии с кисл., бы-стро гидрол. под действием NaOH до соли Na. Получ. см. [BJ 69, 146 (1958); JACS 79, 2316, 3294 (1957)]. См. обзор [Adv. Enzymol. 23, 471 (1961)].
Метанол (метиловый спирт; древесный спирт; карбинол)	CH_3OH M 32,0	Гигр. бесцв. жидк. d_4^{20} 0,792. $t_{кип}$ - 93,9. $t_{пл}$ 64,7. Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$, EtOH, эф., многие орг. раств-ли. Вос-плам. Яд.
Метилглиоксаль (2-оксopro-паналь; пировиноградный альдегид)	CH_3COCCHO M 72,1	Желт. жидк. Едкий запах. d^{24} 1,046. $t_{кип}$ 72. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, эф. При комн. т. жидк., димер, быстро полимеризуется в стеклообразную массу. Полимер раств. в H_2O, обра-зуя мономер. При нагрев. до 50 °C полимер дает либо димер (жидк.) или мономер (газ).
Метилмалоновая кислота (2-метилпропандиовая кислота; изоянтарная кислота)	$\text{HOOC}\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}\text{COOH}$ M 118,1	Бесцв. иглы. $t_{пл}$ 135 (разл.). pK_a 3,05; 5,76. Раств-сть: 44,3°, 66° H_2O; х. р. EtOH, эф. Из H_2O крист. + H_2O. Дает пропионовую кисл. при нагрев. до 150 °C. Не ингибирует дыхание (в отличие от малоновой кисл.).
Молочная кислота (2-гидро-киспропионовая кислота; DL-обычная молочная кислота; L(+)-мясомолочная кислота)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HCON} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{D}(-) \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOCH} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{L}(+) \end{array}$ M 90,1	DL: гигр. крист. или сироп. d_4^{15} 1,249. $t_{пл}$ 28 ÷ 33 (18). $t_{кип}$ 122°¹⁵. D: гигр. пластинки. $t_{пл}$ 52 ÷ 54. $[\alpha]_D^{15} = -2,26$ ($c = 1,24$ в H_2O). L: гигр. крист. $t_{пл}$ 53 ÷ 54. $[\alpha]_D^{15} + 2,67$ ($c = 2,51$ в H_2O). pK_a 3,73. Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$, EtOH, эф.; н. р. CHCl_3. Полимеризу-ется, особ. в конц. раств., образуя циклический димер (лактнд) и линей-ные полимеры (лактоиллактат). По-лимеры, особ. линейные, при разб. гидрол., но медл., даже при кипяче-нии. L (+)-Молочная кислота образу-ется в животных тканях, особ. мыш-цах, и при брожении, вызываемом, напр., <i>Lactobacillus delbrueckii</i> и <i>Rhizopus oryzae</i>. D (-)-Молочная кислота образуется др. микроорганизмами, напр. <i>Lactobacillus leishmanii</i> и <i>E.coli</i>. В продажу поступает молочная кис-лота обычно в виде смеси изомеров, часто с преобладанием L (+)-изоме-ра. $[\alpha]_D$ заметно зависит от концен-

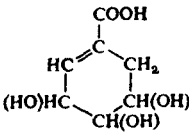
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
соль Li	$\text{CH}_3\text{CHONCOOLi}$ M 96,0 Гидрат: M 105,0	трации; в присутствии молибдата аммония меняется знак на обратный и растет по величине (для L-изомера от -60 до -90) [Biochem. Preps. 8, 75 (1961)]. Соли D(-)-кислоты правовращающие, соли L(+)-кислоты левовращающие. Получ. D- и L-кислот и их солей см. [Biochem. Preps. 3, 61 (1953); 8, 75 (1961)]. См. обзор [Ann. N.Y. Acad. Sci. 119, 851 (1965)]. DL: безводн. негигр. бел. крист. D: пластинки + $1/2$ H_2O ; $[\alpha]_D^{20} + 13,3$ ($c = 0,96$ безводн. в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; о. п. р. EtOH. Лучший лактатный стандарт. Водн. раств. имеет р-цию, близкую к нейтр. Раств. в 0,1 М H_2SO_4 можно хранить неопределенно долго при $2-4^\circ\text{C}$. О. гигр. бесцв. или желт. жидк. d_4^{20} 1,38. $t_{\text{пл}}$ 17. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH; н. р. эф. Водн. раств. имеет нейтр. р-цию. В продажу обычно поступает в виде конц. водн. раств., соотношения изомеров могут варьировать.
соль Na	$\text{CH}_3\text{CHONCOONa}$ M 112,1	DL: распл. бел. крист. + $3\text{H}_2\text{O}$. Раств-сть: 1,67 ¹⁵ , 16,7 ¹⁰⁰ H_2O ; о. п. р. EtOH. Оптически активные формы отделяют от рацемата путем перекр. при 35°C . О. легко образует пересыщ. раств. $[\alpha]$ заметно уменьш. с увелич. конц. D: иглы + $2\text{H}_2\text{O}$. $[\alpha]_D^{15} + 8,0$ ($c = 2,5$ безводн. в H_2O). L: иглы + $2\text{H}_2\text{O}$. $[\alpha]_D^{15} - 8,0$ ($c = 2,5$ безводн. в H_2O). Раств-сть (на безводн.): D и L 5,0 ¹⁵ , 9,0 ³³ H_2O ; 0,1 гор. EtOH.
соль Zn	DL: $(\text{CH}_3\text{CHONCOO})_2\text{Zn} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Тригидрат: M 297,5 D и L: $(\text{CH}_3\text{CHONCOO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Дигидрат: M 279,5	Крист. $t_{\text{пл}}$ 194 ÷ 195 (быстрое нагрев.). Раств-сть: р. гор. H_2O , гор. EtOH; м. р. хол. EtOH; эф. Свободная кисл. в H_2O быстро переходит в <i>цис, транс</i> -изомер при кипячении, но в EtOH или MeOH ни кипячение, ни действие щел. при комн. т. или кратковременное нагрев. до 100°C , ни освещение (дневной свет) не вызывают такого превращения. Спектр: рН 7 λ_{max} 257 нм (ϵ 17300); в 0,1 М NaOH 251 нм (ϵ 23400), 259 нм (ϵ 25600), 265 нм (ϵ 23400). Получ. <i>цис, цис</i> - и др. изомеров см. [JCS 1950, 2228, 2235]. Бесцв. жидк. d_4^{20} 1,220. $t_{\text{пл}}$ 8,4. $t_{\text{кип}}$ 100,8. pK_a 3,74. Раств-сть: ∞ H_2O , EtOH, эф.
<i>цис, цис</i> -Муконовая кислота (<i>цис, цис</i> -2,4-гексадиендиновая кислота)	$\text{HOOCCH}=\text{CHCH}=\text{CHCOOH}$ M 142,1	
Муравьиная кислота (метановая кислота)	HCOOH M 46,0	

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
соль NH_4	HCOONH_4 М 63,1	Распл. крист. или гранулы. $t_{\text{пл}}$ 116. Раств-сть: 102°, 531 ⁸⁰ H_2O ; р. EtOH , эф.
соль Na	HCOONa М 68,0	Распл. бел. крист. $t_{\text{пл}}$ 253. Раств-сть: 44°, 97 ²⁰ , 160 ¹⁰⁰ H_2O ; м. р. EtOH ; н. р. эф. Водн. раств. имеет нейтр. р-цию.
соль K	HCOOK М 84,1	Распл. бесцв. ромбы или гранулы. $t_{\text{пл}}$ 167. Раств-сть: 331 ¹⁸ , 657 ⁹⁰ H_2O ; р. EtOH ; н. р. эф. Водн. раств. имеет нейтр. р-цию.
2-Оксоадипиновая кислота (α -кетoadипиновая кислота; 2-оксогександиовая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{COCOON}$ М 160,1	Св.-оранж. крист. $t_{\text{пл}}$ 127. Раств-сть: р. H_2O , EtOH ; м. р. эф. Получ. см. [JBC 176, 1395 (1948); Ber. 88, 316 (1955)].
3-Оксоадипиновая кислота (β -кетoadипиновая кислота; 3-оксогександиовая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COCH}_2\text{COON}$ М 160,1	Пластины. $t_{\text{пл}}$ 124 ÷ 125. Раств-сть: м. р. H_2O , EtOH , эф. Фиолетовое окрашивание с FeCl_3 . Получ. см. [JCS 1950, 2223].
2-Оксомасляная кислота (α -кетомасляная кислота; 2-оксобутановая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCOON}$ М 102,1	Гигр. пластины. $t_{\text{пл}}$ 30 ÷ 32. $t_{\text{квп}}$ 85 ²¹ . pK_a 2,50. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH ; м. р. эф.
2-Оксоглутаровая кислота (α -кетоглутаровая кислота; 2-оксопентандиовая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COCOON}$ М 146,1	Крист. $t_{\text{пл}}$ 113 ÷ 116. pK_a 2,47; 4,68. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH ; м. р. эф. 2,4-Динитрофенилгидразон: крист.; $t_{\text{пл}}$ 220; спектр: в 1,25 М NaOH λ_{max} 420 нм, ϵ 15400. Семикарбазон: спектр: λ_{max} 247–248 нм, ϵ 10000 в водн. раств.
2-Оксоизовалериановая кислота («кетовалин»; 3-метил-2-оксобутановая кислота)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \cdot \text{CO} \cdot \text{COON} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{array}$ М 116,1	Крист. $t_{\text{пл}}$ 31. $t_{\text{квп}}$ 170. Раств-сть: р. H_2O , EtOH , эф. Получ. см. [JBC 197, 309 (1952); Chem. Rev. 41, 585 (1947)].
2-Оксоизокапроновая кислота («кетоглейцин»; 4-метил-2-оксопентановая кислота)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{COON} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{array}$ М 130,1	Жидк. $t_{\text{пл}}$ – 2. $t_{\text{квп}}$ 84 ÷ 85 ¹⁵ . Медл. разл. при 0°C. Соль Na (М 152,1): крист.; уст. при комн. т. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 162; спектр: в 1,25 М NaOH λ_{max} 435 нм, ϵ 17700. Получ. см. [Biochem. Preps. 3, 66 (1953)].
2-Оксо-3-метилвалериановая кислота («кетоизолейцин»; 3-метил-2-оксопентановая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COCOON}$ М 130,1	Крист. $t_{\text{пл}}$ 38 ÷ 40. $t_{\text{квп}}$ 73 ¹⁰ . pK_a 2,3. Раств-сть: р. H_2O , EtOH , эф. Природное соединение – D-изомер. Соль Na (М 152,1): крист.; $[\alpha]_D^{26} + 32,6$ ($c = 1$ в H_2O). Получ. см. [JBC 190, 269 (1951); Chem. Rev. 41, 585 (1947)].
Пимелиновая кислота (гептандиовая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_5\text{COON}$ М 160,2	Призмы. $t_{\text{пл}}$ 105 ÷ 106. $t_{\text{квп}}$ 212 ¹⁰ . pK_a 4,46; 5,58. Раств-сть: 2,5 ¹³ , 5 ²⁰ H_2O ; х. р. EtOH , эф.; н. р. хол. бенз.
Пировиноградная кислота (2-оксопропионовая кислота)	CH_3COCOON М 88,1	Бесцв. жидк. d_4^{15} 1,267. $t_{\text{пл}}$ 13,6. $t_{\text{квп}}$ 165 (разл.); 70,8 ²⁰ . pK_a 2,39.

Соединение (название)	Формула и молекулярная масса	Свойства
соль Li	$\text{CH}_3\text{C}(\text{OH})_2\text{COOLi}$ M 112,0	Раств-сть: ∞ H_2O , EtOH, эф. Уст. в очищенном виде при хранении без доступа возд., в противном случае полимеризуется и разл. В водн. раств. кисл. на 54–71% гидратирована (гемдиольная форма), но анион гидратирован только на 3–5%; енольная форма отсутствует. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 216; спектр: в щел. раств. λ_{max} 445 нм, ϵ 20400. Семикарбазон: спектр: в водн. раств. λ_{max} 246 нм, ϵ 10200.
соль Na	$\text{CH}_3\text{COCOONa}$ M 110,0	Крист. Раств-сть: р. H_2O . В тв. состоянии в виде гемдиола. Пластины. Раств-сть р. H_2O ; о. п. р. EtOH.
Префеновая кислота (1-карбокси-4-гидроксициклогексадиен-2,5-пировиноградная-1 кислота)	HOOC  $\text{CH}_2\text{-CO-COOH}$ M 226,2	Раств-сть: р. H_2O . Разл. кисл. до фенилпировиноградной кисл. и CO_2 ; полн. разл. за 10 мин при 37°C в 0,1 М HCl. Период полупревращения в 0,1 М HCl при 0°C 1 ч, при pH 4–7 ч, при pH 6,8 заметных потерь не наблюдается. Более уст. к щел., но при нагрев. образует <i>n</i> -гидроксифенилмолочную кисл. Получ. см. [Meth. Enzymol. 17A, 559, (1970)]. Бел. крист. Раств-сть: р. H_2O ; н. р. EtOH.
соль Ba	$\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_6\text{Ba} \cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 379,5	Бесцв. жидк. d_4^{20} 0,993. $t_{\text{пл}}$ – 21. $t_{\text{кип}}$ 141. pK_a 4,87. Раств-сть: ∞ H_2O , EtOH, эф., CHCl_3 .
Пропионовая кислота (пропановая кислота)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ M 74,1	Бесцв. крист. или порошок. Раств-сть: 100 ²⁵ , 150 ¹⁰⁰ H_2O ; 4 EtOH. Водн. раств. имеет нейтр. или слабощел. р-цию. Фунгицид.
соль Na	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ M 96,1	Гигр. бел. крист. Раств-сть: 207 ¹⁶ , 360 ¹⁰⁰ H_2O ; 22 ¹³ 95%-ный EtOH. Теряет H_2O при 120°C.
соль K	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOK} \cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 130,2	Бесцв. таблочки. Раств-сть: 49 ⁰ , 56 ¹⁰⁰ H_2O ; н. р. EtOH. Раств-сть в H_2O достигает min при 55°C.
соль Ca	$(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 204,2	Бесцв. жидк. d_4^{20} 0,807. $t_{\text{пл}}$ – 81. $t_{\text{кип}}$ 47,5 ÷ 49. Раств-сть: 30,6 ²⁵ H_2O ; ∞ EtOH, эф. 2,4-Динитрофенилгидразон: $t_{\text{пл}}$ 155; спектр: в CHCl_3 λ_{max} 356 нм, ϵ 22500 (нейтр. среда); λ_{max} 438 нм, ϵ 22500 (щел. среда).
Пропионовый альдегид (пропаналь)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ M 58,1	Монокл. илгы + 1 H_2O . $t_{\text{пл}}$ 202 ÷ 204. pK_a 4,49; 8,83; 12,6. Раств-сть: 1,8 ¹⁴ , 27 ⁸⁰ H_2O ; х. р. EtOH; р. эф. Окисл. на возд.
Протокатеховая кислота (3,4-дигидроксibenзойная кислота)	 M 154,1 Гидрат: M 172,1	

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Тартроновый полуальдегид (2-гидрокси-3-оксoproпановая кислота)	HOOCCHONCHO <i>M</i> 104,1	Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH. Описан метод качественного определения тартронового альдегида и его изомера, гидроксипировата [Anal. Biochem. 4, 159 (1962); BJ 78, 69 (1961)]. Получ. см. [J.Biochem. (Tokyo) 47, 741 (1960); BJ 81, 273 (1961)].
Уксусная кислота (этановая кислота)	CH ₃ COOH <i>M</i> 60,1	Бесцв. жидк. d_4^{20} 1,049. $t_{пл}$ 16,6. $t_{кип}$ 118,2. pK_a 4,76. Раств-сть: ∞ H ₂ O, EtOH, эф.; р. многие орг. раств-ли; о. п. р. CS ₂ . Лед. укс. кисл. вызывает ожоги на коже. 1 М раств. имеет pH 2,4, 0,1 М раств. pH 2,9. Уксусный ангидрид (CH ₃ CO) ₂ O: в H ₂ O период полупревращения при 0°C 50 мин, при 25°C 4,5 мин.
соль NH ₄	CH ₃ COONH ₄ <i>M</i> 77,1	Гигр. бел. крист. Раств-сть: 148 ⁴ H ₂ O, разл. гор. H ₂ O; р. EtOH; м. р. ац. Может терять NH ₃ . Конц. водн. раств. имеет слабокисл. р-цию.
соль Na	CH ₃ COONa <i>M</i> 82,0	Гигр. белесый порошок. Раств-сть: 119 ⁰ , 170 ¹⁰⁰ H ₂ O; 2,1 EtOH.
соль Na, гидрат	CH ₃ COONa · 3H ₂ O <i>M</i> 136,1	Легко выветр. бесцв. крист. Раств-сть: 76,2 ⁰ , 138,5 ⁵⁰ H ₂ O; 2,1 EtOH; р. эф., ац. Теряет кристаллизационную H ₂ O при 120°C. Водн. раств. имеет щел. р-цию (pH 8,9 0,1 М раств.).
соль K	CH ₃ COOK <i>M</i> 98,1	Гигр. блестяще-бел. порошок. Раств-сть: 253 ²⁰ , 492 ⁶² H ₂ O; 33 EtOH; н. р. эф. Водн. раств. имеет щел. р-цию (0,1 М раств. pH 9,7).
Феиол (карболовая кислота)	C ₆ H ₅ OH <i>M</i> 94,1	Бесцв. крист. $t_{пл}$ 43. $t_{кип}$ 182. pK_a 10,00. Раств-сть: 6,7 ¹⁰ , ∞ ⁶⁶ H ₂ O; ∞ EtOH; х. р. эф.; р. CHCl ₃ . На возд. и под действием света темнеет, особ. в присутствии ионов тяжелых металлов. Спектр: в H ₂ O λ_{max} 210,5 нм (ε 6200) и 270 нм (ε 1450). Фенолят-анион: спектр: в H ₂ O λ_{max} 235 нм (ε 9400) и 287 нм (ε 2600).
Фенилмолочная кислота (α-гидрокси-гидрокориичная кислота)	C ₆ H ₅ CH ₂ CHONCOOH <i>M</i> 166,2	Л. иглы. $t_{пл}$ 124. $[\alpha]_D^{24}$ — 21,4 (с = 1 в H ₂ O). Раств-сть: р. гор. H ₂ O, EtOH, эф. Природное соединение — L-изомер.
Фенилпировиноградная кислота (α-оксигидрокориичная кислота)	C ₆ H ₅ CH ₂ COCOON <i>M</i> 164,2	Пластины. $t_{пл}$ 157 (разл.). Раств-сть: о. п. р. ¹⁰⁰ H ₂ O; х. р. EtOH, эф. Разл. при хранении, особ. если не высушена. Окисл. на возд. Спектр: в 0,7 М NaOH λ_{max} 320 нм, ε 17500.
соль Na	C ₆ H ₅ CH ₂ COCOONa · H ₂ O Гидрат: <i>M</i> 204,2	Крист. Раств-сть: р. H ₂ O; н. р. EtOH. Уст. на возд. удерживает H ₂ O при 100°C.
Фенилуксусная кислота (α-толуиловая кислота)	C ₆ H ₅ CH ₂ COOH <i>M</i> 136,2	Бесцв. листочки. $t_{пл}$ 76 ÷ 77. $t_{кип}$ 266. pK_a 4,31. Раств-сть: 1,6 ²⁰ H ₂ O; 186 EtOH; 151 CHCl ₃ ; х. р. эф. В водн. раств. образует комплекс со своей Na-солью.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Формальдегид (метаналь)	HCHO M 30,0	Бесцв. газ. Едкий запах. $t_{\text{пл}} - 92$. $t_{\text{кип}} - 21$. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH , эф. Формалин — это 37–40%-ный (м./м.) водн. раств., обычно содержащий метанол (10–15%) в качестве стабилизатора. Разб. раств. уст. при 2°C 1 нед. Димедоновое соединение: $t_{\text{пл}} 189$. Бисульфитное производное $\text{HOH}_2\text{COSO}_2\text{Na}$: крист. + 1 H_2O ; р. MeOH ; м. р. EtOH ; 2,4-Динитро-фенилгидразон: спектр: в CHCl_3 λ_{max} 344 нм, ϵ 19000 (нейтр. среда); λ_{max} 430 нм, ϵ 15000 (щел. среда). Пара-формальдегид — это полимер формальдегида: крист. порошок; $t_{\text{пл}} 121 \div 122$; раств-сть: 0,24 хол. H_2O , н. р. EtOH , эф., образует формальдегид при нагрев. или при раств. в гор. H_2O .
Фумаровая кислота (транс-бутендиовая кислота)	$\text{HC} \cdot \text{COOH}$ $\parallel$ $\text{HOOC} \cdot \text{CH}$ M 116,1	Бесцв. иглы или призмы. Субл. 200 (открытый сосуд). $t_{\text{пл}} 300 \div 302$ (запаянная трубка). pK_a 3,02; 4,38. Раств-сть: 0,7 ²⁵ , 9,8 ¹⁰⁰ H_2O ; 5,75 ³⁰ , 4,76 ⁷⁶ EtOH ; 0,72 ²⁵ эф.; о. п. р. CHCl_3 , ал.; н. р. бенз. Крист. Раств-сть: 22,8 ²⁵ H_2O .
соль Na	$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_4\text{Na}_2$ M 160,0	
Хинная кислота (1,3,4,5-тетрагидроксициклогексанкарбоновая кислота)	 M 192,2	(—): крист. $t_{\text{пл}} 173 \div 174$. $[\alpha]_D^{20} - 44,0$ ($c = 12$ в H_2O). Раств-сть: 40 ⁹ H_2O ; р. EtOH ; о. п. р. эф. Природный изомер левовращающий. Образует γ -лактон (хинид) при нагрев. до 200–250 $^\circ\text{C}$.
Хоризмовая кислота	 M 226,2 Гидрат: M 244,2	Крист. + 1 H_2O . $t_{\text{пл}} 148 \div 149$ (разл.) $[\alpha]_D - 295$ ($c = 0,2$ в H_2O). Крист. удерживают раств. $pK_a \sim 3$. Раств-сть: х. р. H_2O ; Et -ацетат, эф.; н. р. петр. эф. Изомер префеновой кисл. В тв. состоянии и в раств. медл. разл. до n -гидроксibenзойной кисл. и префеновой кисл.; при интерпретации эксп. данных следует учитывать присутствие указанных соединений. Полн. разл. за 1 ч в раств. при 70 $^\circ\text{C}$ и pH 10. Хранить в тв. виде и в раств. при $\leq -15^\circ\text{C}$. Спектр: в H_2O λ_{max} 275 нм, ϵ 2630. Получ. см. [Biochem. Preps. 12, 94 (1968)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Шикимовая кислота (3,4,5-тригидроксициклогексеи-1-карбоновая кислота)	 М 174,2	(-): крист. $t_{пл}$ 190. $[\alpha]_D^{18} - 183,8$ ($c = 4$ в H_2O). pK_a 4,21. Раств-сть: 18 H_2O; 2,25²³ EtOH; 0,015²⁸ эф.; и. р. $CHCl_3$, бенз. Природное соединение левовращающий изомер. Спектр: в EtOH λ_{max} 213 нм, ϵ 8900. См. обзор [Chem. Rev. 65, 435 (1965)].
Щавелевая кислота (этан-диовая кислота)	HOOC-COOH М 90,0 Гидрат: М 126,1	Бесцв. крист. + 2 H_2O. Субл. 150. $t_{пл}$ безводн. 189. pK_a 1,25; 3,67 (4,25). Раств-сть: 9,5¹⁵, 120⁹⁰ H_2O; 23,7¹⁵ EtOH; 16,9 эф.; н. р. $CHCl_3$, бенз. Гидрат теряет H_2O при 100 °С. Образует хелатные комплексы с металлами. Конкурентно ингибирует лактатдегидрогеназу из сердца и сукцинатдегидрогеназу. Яд.
Щавелевоуксусная кислота (2-оксобутандиовая кислота)	HOOC-CO-CH₂-COOH кет-форма (оксо-форма) HOOC-C(OH)=CH-COOH енольная форма М 132,1	Енол: крист. $t_{пл}$ 152 ÷ 184 (разл.). pK_a 2,22; 3,89; 13,03 (енольная OH-гр.). Раств-сть: р. H_2O, EtOH; м. р. эф.; н. р. $CHCl_3$, бенз. Существует в трех формах: оксо-, гидратированной (гем-диольной) и енольной. Тв. в-во соответствует енольной форме. В-ва с $t_{пл}$ 152 и 184 были идентифицированы как <i>цис</i>- и <i>транс</i>-енолы (гидрокси-малеиновая и гидроксифумаровая кислоты); однако в наст. время считается вероятным, что все тв. формы представляют собой один и тот же изомер, правда, точно неизвестно <i>цис</i> или <i>транс</i> [JCS 1961, 5043; ABB 153, 226 (1972)]. В раств. при pH 6–10 дианион на 82–88% находится в оксо-форме, на 7–10% в енольной и 5–8% гидратированной форме; при pH 1,3 кислота существует на ~81% в гидратированной, на 13% в оксо- и 6% в енольной формах [J. Org. Chem. 41, 3593 (1976)]. Поглощение при ~260 нм обусловлено присутствием енольной формы. В эфире, где ≥ 90% щавелевоуксусной кисл. находится в енольной форме λ_{max} 260 нм, ϵ 8800. В водн. раств. λ_{max} 255 нм, ϵ_{260} 420 (для дикарбоновой кислоты), ϵ_{260} 850 и ϵ_{280} 540 (для дианиона при pH 6–10); влияние буферных растворов на ϵ см. [JCS 1961, 5043]. При образовании хелатных комплексов с ионами переходных металлов λ_{max} смещается в длинноволновую область, а ϵ возрастает в 2–3 раза. Декарбоксилируется, образуя пируват + CO_2, причем скорость декарбоксилирования уменьш. в ряду моноанион >

Соединение (торговое наименование)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Щавелевая янтарная кислота (1-оксопропан-1,2,3-трикарбоновая кислота)	$\text{HOOC} \cdot \text{CO} \cdot \underset{\text{CH}_2 \cdot \text{COOH}}{\text{CH}} \cdot \text{COOH}$ M 190,1	дианион > дикарбоновая кисл., скорость тах при pH 3–4; декарбоксилирование ускоряется в присутствии многих двух- и трехзарядных ионов металлов; тах скорость при pH 5–6,5. Раств-сть: р. H₂O. О. неуст. Быстро декарбоксилируется, особ. в кисл. раств.; декарбоксилирование ускоряется в присутствии ионов металлов. Кисл. уст. в нейтр. раств. при 0°C несколько ч. Хранить в виде сухой Ва-соли при 0°C. Получ. см. [JBC 174, 115 (1948)].
Этапол (этиловый спирт)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ M 46,1	Гигр. бесцв. жидк. d_4^{20} безводн. 0,789. $t_{\text{пл}} - 117,3$. $t_{\text{кип}} 78,5$; 8,1²¹. Раств-сть: ∞ H₂O, многие орг. раств-ли. Воспламеняется.
Этиленгликоль (этандиол-1,2; гликоль)	$\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ M 62,1	О. гигр. сироп. d_4^{20} 1,115. $t_{\text{пл}} - 12$. $t_{\text{кип}} 198$. Раств-сть: ∞ H₂O, EtOH, ац.; 7,9 эф.; м. р. CHCl₃. Основные сведения можно получить из работы [Glycols, eds. Curme and Johnson, A.C.S. Monograph Series No. 114, Reinhold, 1952].
Яблочная кислота (2-гидроксипропан-2,3-дикарбоновая кислота; гидроксиантарная кислота)	$\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ M 134,1	DL: бесцв. крист. $t_{\text{пл}} 131$. L: бесцв. ислы. $t_{\text{пл}} 100$. $[\alpha]_D^{20} - 2,3$ ($c = 9,17$ в H₂O); $- 5,7$ ($c = 3,73$ в ац.). pK_a 3,46; 5,10. Раств-сть: DL: 144²⁶, 411⁷⁹ H₂O; 35,9²⁰ EtOH; 0,6²⁰ эф.; н. р. бенз. L: х. р. H₂O; 68,3²⁰ EtOH; 1,9²⁰ эф.; н. р. безиз. $[\alpha]_D$ в водн. раств. сильно зависит от конц. и темп. С увел. конц. $[\alpha]_D$ уменьш., и раств. L-яблочной кисл., содержащие > 34 г на 100 мл H₂O при 20°C, становятся правовращающими. $[\alpha]_D$ увел. в присутствии молибдата [BJ 37, 334 (1943)].
Янтарная кислота (бутандиовая кислота)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ M 118,1	Бесцв. призм. $t_{\text{пл}} 188$. pK_a 4,21; 5,72. Раств-сть: 6,8²⁰, 121¹⁰⁰ H₂O; 7,5^{21,5} EtOH; 0,3 эф.; р. MeOH, ац.; н. р. безиз., CHCl₃. При 235°C разл., превращаясь частично в янтарный ангидрид.
соль Na	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4\text{Na}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 270,1	Гранулы или крист. порошок. Раств-сть: 21,5⁰, 86,6⁷⁵ H₂O; о. п. р. EtOH. Гидрат уст. на возд., при 120°C теряет всю H₂O. Водн. раств. имеют нейтр. или слабощел. р-цию.
соль K	$\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4\text{K}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Гидрат: M 248,3	Гигр. бел. крист. порошок. Раств-сть: х. р. H₂O. Водн. раств. имеет р-цию, близкую к нейтр.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Янтарный полуальдегид (4-оксобутановая кислота; формилпропионовая кислота)	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ M 102,1	Вязкая бесцв. жидк. $t_{\text{кип}}$ $134 \div 136^{14}$. Раств-сть: р. H_2O . Способен полимеризоваться. При $\text{pH} \leq 6$ и 2°C раств. уст. > 3 мес. Получ. см. [Meth. Enzymol. 5, 765 (1962)].

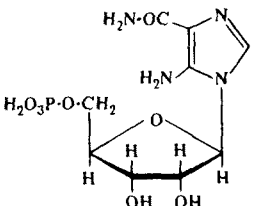
3. Эфиры фосфорной кислоты (кроме нуклеотидов и коферментов)

Номенклатура. Рекомендации по номенклатуре биологически важных фосфорсодержащих соединений приведены в работах [BJ 171, 1, (1978); PNAS 74, 2222 (1977)].

В этом разделе, если специально не оговорено, под гидролизом подразумевается освобождение фосфора в виде неорганического ортофосфата P_i . Количество освобождающегося фосфата указано в процентах от *общего* содержания фосфора в молекуле.

Сокращение: ЦГА – моноциклогексиламмоний.

Гидраты. В этом разделе для большинства соединений рассмотрены наиболее распространенные и часто встречаемые кристаллогидратные формы, для которых и приведены данные по содержанию кристаллизационной воды. Эфиры фосфорной кислоты и их соли часто гигроскопичны, и содержание кристаллизационной воды в индивидуальных образцах может широко варьировать в зависимости от метода получения и условий хранения. Поэтому следует полагаться на информацию производителя коммерческих препаратов или еще лучше провести анализ интересующего препарата на содержание воды.

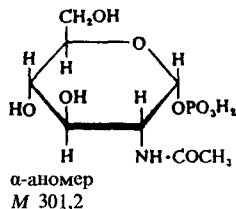
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
5-Аминоимидазол-4-карбоксамидрибонуклеотид (5-амино-1-β-D-рибозилимидазол-4-карбоксамид-5'-фосфат; рибонуклеотид 5-аминоимидазол-4-карбоксамида)	 M 338,2	Гликозидная связь более уст., чем у пуриновых нуклеотидов, напр. за 90 мин при 100°C в 0,1 М H_2SO_4 гидрол. <5%. pK_a 6,3. λ_{max} 269 нм, ε 12600 (pH 7) и 9400 (pH 1). Свободная кисл. уст. в тв. состоянии при комн. т. Раств. медл. разл., приобретающая розовую окраску. Получ. см. [JBC 228, 201 (1957); Meth. Enzymol. 6, 693 (1963); 51, 189 (1978)].
2-Аминоэтилфосфат (О-фосфат 2-аминоэтанола; фосфоэтаноламин; этаноламинофосфорная кислота)	$H_2NCH_2CH_2OPO_3H_2$ M 141,1	$t_{пл}$ 244. pK_a 5,59; 10,20. Раств.-сть: свободная кисл. 20 ²⁰ , Na-соль 75 ²⁰ в H_2O . О. уст. к кисл. и щел., за 5 ч при 100°C в 1 М HCl гидрол. на 5%. Свободная кислота устойчива в твердом состоянии при комн. т. по крайней мере 12 мес.
β-L-Аспартилфосфат	$HOOCCH(NH_2)CH_2COOPO_3H_2$ M 213,1	Немного менее уст., чем ацетилфосфат. Очень неуст. при pH < 4,5 и > 13. Получ. см. [JBC 213, 27 (1955)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

N-Ацетилглюкозамин-1-фосфат (2-ацетиамид-2-дезоксид-Д-глюкозо-1-фосфат)



$pK_a < 1,4$; 6,0 (в H_2O). Оба аномера полн. гидрол. за 10 мин в 0,1 М HCl при 100 °С. α-Аномер гидрол. на 50% за 180 мин при 37 °С в 0,5 М H_2SO_4 ; β-аномер гораздо более лабилен в кисл. В усл. определения фосфата по Фiske-Суббароу (0,67 М H_2SO_4 при 26 °С) β-аномер полн. гидрол. за 45 мин, а α-аномер за то же время гидрол. только на 5 %. α-Аномер: K_2 -соль + 1 H_2O ; гигр. иголы; $[\alpha]_D + 79$ (в H_2O); крист. Na_2 -соль. β-Аномер: безводн. Na-соль $[\alpha]_D^{25} - 1,7$ ($c = 2,9$ в H_2O). Получ. см. [JACS 78, 5303 (1956); JCS 1960, 4678; BVA 86, 628 (1964)].

N-Ацетилглюкозамин-6-фосфат (2-ацетиамид-2-дезоксид-Д-глюкозо-6-фосфат)

См. N-Ацетилглюкозамин-1-фосфат
M 301,2

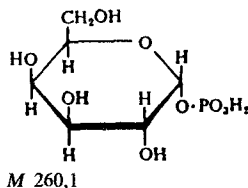
Гидр. на 60% за 3 мин при 100 °С в 0,2 М щел. $[\alpha]_D^{25} + 29,5$ (равновесное значение; $c = 8$ в 0,5 М Na-ацетате, конечное pH 3,0). Получ. см. [BJ 84, 185 (1962); JBC 230, 497 (1958); JACS 78, 1393 (1956); Anal. Biochem. 25, 572 (1968)].

Ацетилфосфат

$CH_3COOPO_3H_2$
M 140,0

pK_a 1,2; 4,8. Быстро гидр. в кисл. и щел. раств.; 20%-ный гидрол. за 30 мин при pH 7 и комн. т., 45%-ный за 10 мин в 0,5 М HCl. Гидрол. в кисл. ускоряется молибдатом; ацетилфосфат ведет себя как P_i в методе Фiske-Суббароу. Крист. LiK-соль уст. при 4 °С. Раств. уст. < -30 °С. Получ. см. [J. Org. Chem. 40, 2516 (1975)].

α-D-Галактозо-1-фосфат



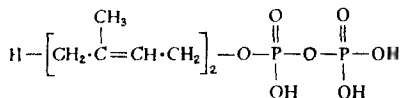
pK_a 1,00; 6,17. $[\alpha]_D^{32} + 100$ ($c = 1,57$ K_2 -соль α-аномера в H_2O). Гидрол. на 50% за 2,1 мин при 100 °С в 0,1 М HCl. K_2 -соль: крист. +2 или 5 H_2O ; р. H_2O . Ва-соль + 3 H_2O . Сухие соли уст. при комн. т. Нейтр. раств. уст. несколько сут. β-Аномер характеризуется аналогичной кислотостойкостью; $[\alpha]_D + 31$ (Ва-соль в H_2O). Получ. см. [JACS 72, 4824 (1950); 79, 5057 (1957); Biochem. Preps. 4, 1 (1955); Meth. Carbohydr. Chem. 2, 261 (1963)].

D-Галактозо-6-фосфат

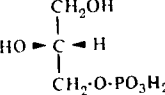
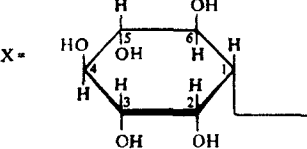
См. Галактозо-1-фосфат
M 260,1

$[\alpha]_D^{30} + 36,5$ ($c = 0,6$ в H_2O); $[\alpha]_D^{25} + 24,5$ (Ва-соль в H_2O). Ва- и Na_2 -соли: уст. при комн. т.; р. H_2O .

Геранилдифосфат (транс-3,7-диметилгектадиен-2,6-ил-1-дифосфат; геранилпирофосфат)



Уст. аналогична уст. фarnезилдифосфата; о. лабилен в кисл. раств.; довольно уст. в нейтр. и щел. раств. Имеет соли аммония (три-) и S-бензилотиуриония (ди-): крист. Получ. см. [Ann. 654, 180 (1962); BJ 104, 57 (1967); Meth. Enzymol. 15, 359 (1969)].

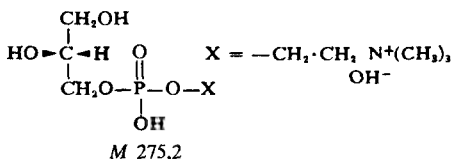
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
L-Гистидиолфосфат (β-амино-1H-имидазол-4-пропанолфосфат)	$\text{HC}=\text{C} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{PO}_3\text{H}_2$  <i>M</i> 221,2	Гидролиз. на ~5% за 4 ч при 100 °С в 1 М NaOH или 1 М HCl. Гидролиз. на ~20% за 4 ч при pH 4,5 и 100 °С. Получается в виде моногидрата. Получ. см. [JBC 212, 687 (1955); JBC 220, 113 (1956)].
D-Глицеральдегид-3-фосфат (фосfogлицеральдегид; 3-фосфат D-глицеринового альдегида)	$\text{CHONCHNCH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2$ <i>M</i> 170,1	pK_a 1,42; 6,45. $[\alpha]_D + 14$ ($c = 1$ в H_2O). Гидролиз. на 50% за 8,1 мин при 100 °С в 1 М HCl. Неуст. в щел. раств. Кисл. раств., если заморожены, уст. несколько нед.; нейтр. раств. следует использовать как можно скорее после нейтрал. Ва- и (ЦГА) ₂ -соли диэтилацетата: крист.; уст. при 4 °С ≥ 12 мес; Ва-соль: умеренно р. H_2O ; (ЦГА) ₂ -соль + 1 H_2O , р. H_2O . Глицеральдегид-3-фосфат регенерируется из ацетата обработкой разб. HCl или дауэксом 50 (H^+) [Meth. Enzymol. 41, 443, 447 (1975)]; в результате раствор содержит EtOH.
Глицерол-2-фосфат (β-глицерофосфорная кислота)	$\text{CH}_2\text{OHCH}(\text{OPO}_3\text{H}_2)\text{CH}_2\text{OH}$ <i>M</i> 172,1	О. медл. гидролиз. при 100 °С в 1 М HCl. pK_1 1,34; pK_2 6,55. Испол. в качестве буфера и субстрата для определения активности фосфомоноэстераз. Р-ция сопровождается освобождением P_i . Na_2 -соль: +5 H_2O , р. H_2O . Может содержать небольшие к-ва <i>sn</i> -глицерол-3-фосфата.
<i>sn</i> -Глицерол-3-фосфат (α-глицерофосфорная кислота; D-глицерол-1-фосфат; L-глицерол-3-фосфат)	 <i>M</i> 172,1	Гидролиз. на 2% за 180 мин при 100 °С в 1 М HCl. Гидролиз. при нагрев. (160 °С) в 10%-ной H_2SO_4 . $[\alpha]_D - 1,45$ ($c = 10$ Ва-соль в 2 М HCl). pK_2 6,66. (ЦГА) ₂ -соль: крист. + 2 H_2O ; р. H_2O ; уст. при 4 °С.
1-(<i>sn</i> -Глицерофосфо)-L-миоинозит (глицерофосфорил-инозит; 1-(α-глицерил-фосфорил)-L-миоинозит; глицеринозитфосфат)	Ср. Глицерофосфохолин  <i>M</i> 334,2	Продукт деацилирования фосфатидилинозита. Полн. разл. за 40 мин при 100 °С в 0,5 М KOH до глицерофосфата и инозитфосфата. $[\alpha]_D^{25} - 18,7$ ($c = 2$ свободной кисл. в воде). Крист. циклогексиламмониевая соль; $[\alpha]_D^{25} - 13,5$ ($c = 2$ в воде). Получ. см. [BJ 71, 195 (1959); JACS 81, 2591 (1959); JBC 236, 1907 (1961); JCS 1959, 3547 (DL-соединение)].
<i>sn</i> -Глицерофосфосерин (глицерофосфорилсерин)	Ср. Глицерофосфохолин $\text{X} = -\text{CH}_2 \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH}$ <i>M</i> 259,2	$[\alpha]_D^{24} + 4,5$ ($c = 10$ в 1 М HCl); $-2,0$ ($c = 10$ в H_2O). Крист. моногидрат. Получ. см. [JACS 81, 2167 (1959); BJ 71, 195 (1959)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

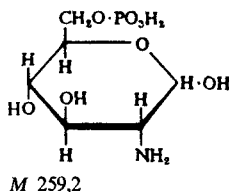
sn-Глицерофосфохолин
(L-α-глицерофосфорил-
холин; глицерохолинфос-
фат)



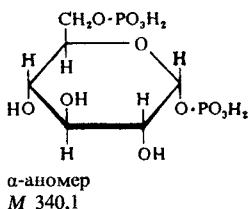
sn-Глицерофосфэтанола-
мин (L-α-глицерофос-
форилэтанолами)

Ср. глицерофосфохолин
 $\text{X} = -\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
M 215,2

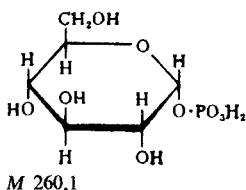
D-Глюкозамин-6-фосфат
(2-амино-2-дезоксид-глю-
козо-6-фосфат)



Глюкозо-1,6-дифосфат
(глюкозо-1,6-бисфосфат)



α-D-Глюкозо-1-фосфат
(эфир Кори)



Холин полн. освобождается за 15 мин при 100°C в 1 М НСl. $t_{\text{пл}}$ 143; спекастся при 141. $[\alpha]_D^{25} = -2,85$ ($c = 2,2$ синтетического в-ва в H_2O). Образует соединение с CdCl_2 : о. гигр. крист. + 3 H_2O ; $t_{\text{пл}}$ 99. Получ. см. [Biochem. Preps. 6, 16 (1958); 9, 55 (1962)].

Этаноламин поли. освобождается за 15 мин при 100°C в 1 М НСl. $t_{\text{пл}}$ 86 ÷ 87. $[\alpha]_D^{25} = -2,9$ ($c = 7,6$ синтетического в-ва в H_2O). Крист. моногидрат. Получ. см. [JACS 75, 4510 (1953); BJ 50, 449, (1952); Chem. Phys. Lipids 6, 31 (1971)].

Гидрол. < 1% за 20 мин при 100°C в 1 М НСl. Разл. 160 ÷ 167. $[\alpha]_D^{25} = +56,0$, меняется до равновесного значения +58,8 ($c = 5$ в H_2O). Раств-сть: легко р. H_2O ; н.р. метанол, ал., эф. Неуст. > рН7. pK_2 6,08; pK_3 8,10. Крист. свободная кисл. более уст., чем Na-соль.

α-Аномер – кофермент фосфоглюкоматазы. 1-Фосфатная гр. медл. гидрол. в 0,5 М H_2SO_4 при 30°C; α-аномер: гидрол. 9% 1-фосфата за 120 мин, 50% за 880 мин; β-аномер: гидролиз. 50% 1-фосфата за 220 мин (6-фосфат не затрагивается в этих усл.). α-Аномер: $[\alpha]_D^{25} = +83$ ($c = 0,6$ Na-соли при рН 8); Li_4 -соль крист.; (ЦГА) $_4$ -соль: крист. + 4 H_2O ; довольно уст. при комн. т.; р. H_2O . β-Аномер: $[\alpha]_D^{25} = -19$ ($c = 0,37$ Na-соли при рН 8). Получ. см. [JBC 180, 1269 (1949); Meth. Enzymol. 3, 143 (1957); 41, 79 (1975); JBC 245, 4031 (1970)].

pK_a 1,11; 6,13. α-Аномер: $[\alpha]_D^{25} = +120$ ($c = 1$ свободной кисл. в H_2O); +78 ($c = 4$ K_2 -соли в H_2O). 100%-ный гидрол. в 0,5 М H_2SO_4 при 100°C за 10 мин; при 33°C период полупревращения 60 мин. Уст. при рН 8 даже при 100°C. Довольно уст. в болес сильнощел. раств. Крист. K_2 -соль + 2 H_2O и Na_2 -соль + 4 H_2O в тв. виде уст. при комн. т., р. H_2O . Может содержать небольшие количества глю-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

козо-1,6-дифосфата; оч. см. [JBC **241**, 3930 (1966)]. β -Аномер: $[\alpha]_D^{24} +9$ ($c = 2$ в H_2O). Более кислоталабилен, чем α -аномер; период полупревращения при $33^\circ C$ в $0,5$ М H_2SO_4 20 мин. (ЦГА)-соль: крист. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. **2**, 261 (1963); **6**, 389 (1972)].

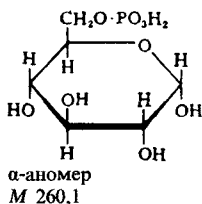
pK_a 0,94; 6,11. $[\alpha]_D^{24} +21,2$ ($c = 1,3$ K_2 -соли в H_2O). Более уст. в кисл., чем в щел.; 50%-ный гидролиз за 1400 мин при $100^\circ C$ в 1 М HCl , 60%-ный гидролиз за 3 мин при $100^\circ C$ в $0,2$ М $NaOH$. Свободная кисл., Na_2 -, K_2 - и Ba -соли - все гигр., содержание кристаллизационной H_2O широко варьирует; уст. при комн. т., если высушены. Ba -соль умеренно р. H_2O ; Na_2 - и K_2 -соли х. р. H_2O . Моно- Na -соль β -аномера негигр. и более уст. к атм. влаге, чем др. соли. При раств. в H_2O сразу образуется равновесная смесь, содержащая 38% α -аномера и 62% β -аномера. Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа специфична к β -аномеру.

$[\alpha]_D^{22} +6,2$ ($c = 2,4$ в H_2O). Гидрол. на 12,5% за 1 ч при $100^\circ C$ в 6 М HCl ; на 100% за 30 ч при $105^\circ C$ в 6 М HCl . Выд. в виде Ba -соли, возможная формула $C_6H_8NO_8P \cdot Ba \cdot H_2O$. Получ. см. [JBC **248**, 1032 (1973); J. Org. Chem. **38**, 1421 (1973); Helv. Chim. Acta **58**, 518 (1975)].

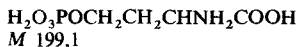
Гидрол. на 50% за 10–15 мин при $23^\circ C$ и pH 4. α -Аномер: $[\alpha]_D +38,8$ (в H_2O); β -аномер: $[\alpha]_D -15,8$ (в H_2O). Обычно получается в виде α -аномера крист. ЦГА-соли. Получ. см. [JBC **184**, 449 (1950); Meth. Enzymol. **3**, 183 (1957); JACS **82**, 1832 (1960); **84**, 1262 (1962)].

$[\alpha]_D +19$ (свободная кисл. в H_2O); $+16,5$ (Ba -соль в H_2O). В 1 М HCl гидрол. на 45% за 7 мин при $100^\circ C$, полный гидрол. за 30 мин. Крист. Na_2 -соль. Ba -соль $+2 H_2O$; х. р. H_2O ; уст. при комн. т.; ЦГА-соль диметилацетата: иглы; $t_{пл}$ $145 \div 150$. Получ. см. [JBC **215**, 389 (1955); JACS **81**, 3719 (1959); Biochem. Preps. **9**, 35 (1962); Meth. Carbohydr. Chem. **2**, 277 (1963); JCS **1964**, 5139].

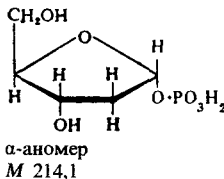
D-Глюкозо-6-фосфат
(эфир Робисона)



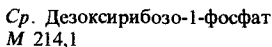
L-Гомосеринфосфат
(О-фосфогомосерин)



2-Дезоксирибозо-1-фосфат
(2-дезоксид-Д-эритро-пентозо-1-фосфат)



2-Дезоксирибозо-5-фосфат
(2-дезоксид-Д-эритро-пентозо-5-фосфат)

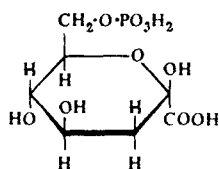


Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

3-Дезокси-7-фосфо-D-арабиногептулозоновая кислота (2-кето-3-дезоксигептоновая кислота; 3-дезоксигептоновая кислота; 3-дезоксигепто-7-фосфо-D-арабиногептулозоновая кислота)



M 288,1

$[\alpha]_D + 18$ ($c = 0,5$ Са-соли в H_2O); $+ 42$ ($c = 1,47$ свободной кисл. в H_2O). Са_{1,5}-соль: крист.; безводн., Ва_{1,5}-соль: меняет степень гидратации ($2 + 4 H_2O$). Получ. см. [JBC 238, 3170 (1963); JCS Perkin I 1975, 600; Meth. Enzymol. 41, 97 (1975)].

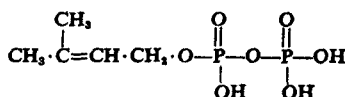
Дигидроксиацетонфосфат (1,3-дигидроксипропанонфосфат; 1-гидрокси-3-(фосфоокси)пропанон-2; глицеронфосфат)



M 170,1

pK_a 1,77; 6,45. Неуст. в щел., полн. гидрол. за 20 мин в 1 М щел. при комн. т.; 50%-ный гидрол. за 8 мин при 100 °C в 1 М HCl. Обычно получают в виде (ЦГА)₂-соли диметилкетала: крист. + 1 H_2O ; уст. ≥ 12 мес при 4 °C, превращается в свободную кисл. обработкой дауэком 50 (H^+) [JACS 78, 1659 (1956); Meth. Enzymol. 41, 442 (1975)] (раств. содержит MeOH (2 моля/моль), уст. несколько сут. при pH 4,5 в замороженном состоянии, но лучше использовать сразу после приготовления). Получ. см. [Biochem. Preps. 7, 45 (1960); JACS 78, 1659 (1956); Meth. Carbohydr. Chem. 2, 282 (1963)].

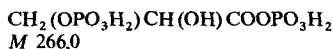
Диметилаллилдифосфат (3-метилбутен-2-ил-1-дифосфат; диметилаллилпирофосфат)



M 246,1

Уст., как фариесилдифосфат; уст. к щел., неуст. при pH < 5,2. При pH 2 наблюдается мгновенное освобождение всего P в виде пирофосфата. Получ. [BJ 104, 57 (1967); Meth. Enzymol. 15, 359 (1969)].

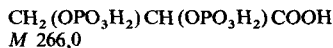
1,3-Дифосфоглицериновая кислота (D-глицериновая кислота-1,3-дифосфат; (D-глицерилфосфат)-3-фосфат)



M 266,0

Гидрол. на 50% за 27 мин при 38 °C и pH 7,2. Обычно чрезвычайно неуст., разл. до глицериновой кисл. и 3-фосфата. Раств. можно хранить при ≤ -20 °C. pK_1 7,5; pK_2 8,0. Получ. см. [Meth. Enzymol. 3, 216 (1957)].

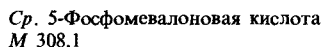
2,3-Дифосфоглицериновая кислота (D-глицериновая кислота-2,3-дифосфат; 2,3-бис(фосфо)-D-глицерат)



M 266,0

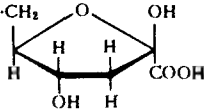
Чрезвычайно уст. к гидрол. Кофермент фосфоглицеромутазы. (ЦГА)₂-соль: крист. + 4 H_2O ; в тв. виде уст. при комн. т.; p. H_2O .

5-Дифосфомевалоновая кислота (дифосфомевалоновая кислота; пирофосфомевалоновая кислота)



M 308,1

За 10 мин в 1 М HCl при 100 °C поли. гидрол. до 5-фосфомевалоновой кисл. и P_i. Кисл. раств. неуст. даже при pH 6 и в замороженном виде. 50%-ный гидролиз до 5-фосфомевалоновой кислоты и P_i может происходить за 3 мес. Щел. раств. портятся гораздо медл., гидрол. на 3-5% за 6 мес. Не разл. при 100 °C в 1 М КОН в течение 10 мин. Можно хранить в виде сухой Ва-соли. Получ. см. [Meth. Enzymol. 6, 505 (1963); 15, 417 (1969)].

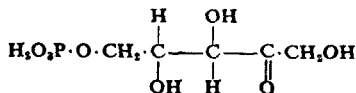
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Долихолфосфат	$\text{H} \left[\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n \text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{P} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix} - \text{OH}$ $n = 13 \div 21$ (в зависимости от источника) при $n = 19$: M 1462,4	Эфиры фосфорной кисл. семейства полипренолов, содержащих $14 \div 22$ изопреновых ед. ($n = 13 \div 21$). Основные долихолфосфаты из тканей позвоночных содержат $18 \div 20$ изопреновых ед., из дрожжей $15 \div 16$ изопреновых ед. Уст. к мягкой кисл. обработке, напр., pH 1, 100°C уст. в течение 30 мин, и к мягким щел. усл., напр. при pH 13, 37°C в течение 15 мин. Получ. см. [JBC 249, 6316 (1974); Meth. Enzymol. 50, 122, 402 (1977)].
Изонентенилдифосфат (изопентенилпирофосфат; 3-метилбутен-3-ил-1-пирофосфат)	$\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O} - \text{P} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix} - \text{O} - \text{P} \begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{matrix} - \text{OH}$ M 246,1	Лабилен в 1 М HCl при 100°C в течение 10 мин, при этом освобождается P_i. Крист. Li₃- и (ЦГА)₃-соли. Получ. [BJ 105, 544 (1967); Meth. Enzymol. 15, 359, 450 (1969); JBC 234, 2605 (1959); 235, 326 (1960)].
D-эритро-Имидазолглицерофосфат	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{HC} = \text{C} - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{PO}_3\text{H}_2 \\ \quad \quad \\ \text{HN} \quad \text{N} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ M 238,1	Гидрол. в 6 М HCl при 100°C за 12 ч. Моногидрат уст. $[\alpha]_D^{20} -12,1$ ($c = 2,37$ в H_2O, pH 7). Получ. см. [JBC 228, 131 (1957); Meth. Enzymol. 17B, 15 (1971)].
Индол-3-глицерофосфат	$\text{C}_8\text{H}_7\text{NO} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{PO}_3\text{H}_2$ M 287,2	Не гидрол. в 1 М щел. при комн. т. При нагрев. с разб. щел. освобождается индол; лабилен в разб. кисл. при комн. т. Крист. Ва-соль + 2 H_2O и (ЦГА)₂-соль. Получ. см. [JBC 223, 171 (1956)].
Карбамоилфосфат (карбамилфосфат)	$\text{H}_2\text{NCOOPO}_3\text{H}_2$ M 141,0	Li₂-соль гидрол. на 100% за 2 мин в H_2O при 100°C, за 10 мин в 0,1 М щел. при комн. т. Гидрол. на 50% за 2 ч в H_2O при 30°C; pH 1,5 $\div$ 9 мало влияет на гидролиз. Безводн. соли уст. и ад. осушителем на хол. несколько нед., но при более длительном хранении разл. Раств. Li₂-соли уст. в заморозенном состоянии. (NH₄)₂- и Na₂-соли: крист. из 32%-ного этанола при -23°C. Получ. см. [Biochem. Preps. 7, 23 (1960); Meth. Enzymol. 3, 653 (1957)].
2-Кето-3-дезоксиглюконовая кислота (3-дезоксиглюконовая кислота; 2-эритро-гексулозоновая кислота; 2-оксо-3-дезоксиглюконовая кислота)	$\text{H}_2\text{O}_3\text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_2$  M 258,1	Гидрол. на 62% за 60 мин в 1 М HCl при 100°C. $pK_1 < 2,5$; pK_2 3,12; pK_3 6,4. $[\alpha]_D^{25} + 6,5$ (Li-соль в H_2O). Li₃-соль: крист. + 2H_2O. Получ. см. [Meth. Enzymol. 9, 51 (1966); 41, 97 (1975)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Основная литература

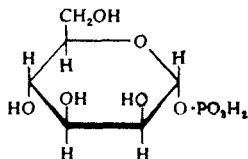
D-Ксилулозо-5-фосфат
(D-трео-пентулозо-5-фосфат)



M 230,1

Гидрол. на 55% за 10 мин в 0,5 M H_2SO_4 при 100 °C. Получают в виде Na- или Ba-солей (преп. содержат 70% основн. в-ва). Получ. см. [Meth. Enzymol. 9, 41 (1966)].

α -D-Маннозо-1-фосфат
(α -D-маннозилфосфат)

 α -аномер

M 260,1

Гидрол. на 50% за 360 мин в 0,95 M кисл. при 30 °C. K_2 -соль: крист. + 4 H_2O ; р. H_2O ; уст. при комн. т. ≥ 1 г. (ЦГА) $_2$ -соль: крист. + 2 H_2O ; [α] $_D^{20} + 28,7$ ($c = 2$ в H_2O). Ba-соль: крист. + 2 H_2O ; [α] $_D^{20} + 34$ ($c = 2,2$ в H_2O); уст. Получ. см. [Biochem. 12, 5031 (1971); Helv. Chim. Acta 36, 1614 (1953)].

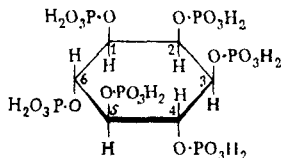
Маннозо-6-фосфат

Ср. Маннозо-1-фосфат

M 260,1

[α] $_D^{22} + 13,3$ ($c = 1,66$ свободной кисл. в 0,1 M HCl). Гидрол. на 50% за 1000 мин в 1 M HCl при 100 °C. Ba-соль крист. + 3 H_2O ; уст. 12 мес при комн. т.

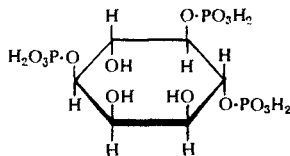
Миоинозитгексафосфат
(фитиновая кислота; миоинозитгексакисфосфорная кислота)



M 660,0

Гидрол. на 9,5% за 6 ч в 0,5 M H_2SO_4 при 100 °C.

L-Миоинозит-1,4,5-трифосфат
(инозиттрифосфат)



M 420,1

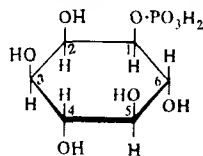
[α] $_D^{25} - 27,4$ (ЦГА-соль в щел. раств.); р. H_2O . Раств. К-соли при pH 7,2 уст. в замороженном состоянии при -20 °C. Инозиттрифосфат освобождается из мембранного фосфатидилинозитдифосфата под действием специфической фосфодиэстеразы, когда стимулируются Ca-мобилизующие рецепторы. Он мобилизует Ca^{2+} из немитохондриальных внутриклеточных источников. Может также освобождаться 1,3,4-трифосфат, но он не активен в мобилизации Ca^{2+} [BJ 223, 237 (1984)]. Получ. см. [BJ 203, 169 (1982); 222, 269 (1984)]. См. обзор [Nature (London) 312, 315 (1984)].

(единение (синонимы))

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

L-Миоинозит-1-фосфат
(1-D-мио-инозит-1-фосфат)



M 260,1

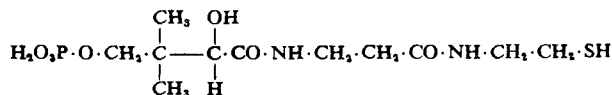
L-Изомер (более правильно 1-D-изомер) – продукт фосфодиэстеразного гидролиза фосфатидилинозита. D-Изомер (1-L-изомер) – продукт действия фермента глюкозо-6-фосфат-миоинозит-1-фосфатциклазы. Фосфатная гр. мигрирует в гор. разб. кислоте, давая смесь 1- и 2-фосфатов. (ЦГА)₂-соль L-изомера: $t_{\text{пл}}$ 200 ÷ 210 (разл.); $[\alpha]_D^{25} + 3,4$ ($c = 3$ в H₂O, pH 9); $-9,8$ (свободная кисл. в H₂O, pH 2). Получ. см. [JACS **81**, 915 (1959); Biochem. Preps. **9**, 99 (1962); Ж. общ. химии **40**, 2469 (1970) (1-D-изомер); Tetrahedron **25**, 5681 (1969) (1-L-изомер)].

Миоинозит-2-фосфат

Ср. Миоинозитгексафосфат
 M 260,1

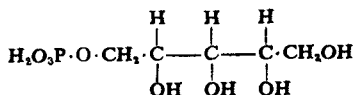
Монофосфат – продукт гидролиза гексафосфата фитазой. $t_{\text{пл}}$ 195 ÷ 197 (разл.). Оптически неактивен. Уст. к нагрев. в сильн. щел. Фосфатная гр. мигрирует в гор. разб. кислоте, образуется смесь 1- и 2-фосфатов. ЦГА- и (ЦГА)₂-соли: крист. + 4H₂O; $t_{\text{пл}}$ 211 ÷ 213 и 203–205. Получ. см. [Biochem. Preps. **2**, 65 (1952)]. О ди- и трифосфатах инозита см. [JBC **236**, 1902 (1961); J. Lipid Res. **1**, 255 (1960); Adv. Carbohydr. Chem. **14**, 135 (1959)]. О пентафосфатах см. [VJ **89**, 172 (1963)].

D(+)–Пантетеин-4'-фосфат
(фосфопантетеин; 4-фосфопантетеин)



M 358,3

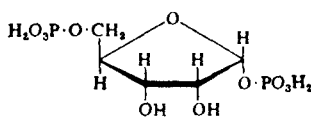
D-Рибитол-5-фосфат (L-рибитол-1-фосфат)



M 232,1

Получ. см. [JCS **1956**, 4583; JBC **233**, 1049 (1958)].

Рибозо-1,5-дифосфат (α-D-рибофуранозо-1,5-дифосфат)



M 310,1

Гидрол. на 50% за 5 мин в усл. метода Фиске–Суббароу. Кофермент фосфорибомуказы. (ЦГА)₂-соль: крист.; $t_{\text{пл}}$ 171–172 (разл.); $[\alpha]_D^{22} + 20,8$ ($c = 0,43$ в H₂O). Получ. см. [JBC **245**, 4031 (1970)].

α-D-Рибозо-1-фосфат
(α-D-рибофуранозо-1-фосфат; α-D-рибозилфосфат)

Ср. Рибозо-1,5-дифосфат
 M 230,1

α-Аномер: быстро гидрол. в сильн. кисл., на 50% за 3,5 ч в 0,01 M HCl при 20 °C и за 2,5 мин в 0,5 M кисл. при 25 °C. Ведет себя как P_i при определе-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

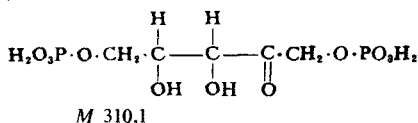
нии фосфата по методу Фиске. Субба-роу, при этом гидролиз завершается за 2,5 мин. (ЦГА)₂-соль: крист. + 1H₂O; в тв. виде уст. при комн.т.; р. H₂O; [α]_D²⁰ + 40,3 (с = 2,37 в H₂O). β-Ано-мер: более уст. к кисл., чем α; гидролиз. на 50% за 240 мин в 0,1 М кисл. при 26°C; [α]_D - 13,6 (ЦГА-соль в H₂O). Получ. см. [JBC 167, 477 (1947); 193, 497 (1951); JACS 79, 441 (1957); 78, 811 (1956)].

D-Рибозо-5-фосфат

Ср. Рибозо-1,5-дифосфат
M 230,1

Отн. медл. гидрол. кисл., 59% гидрол. за 2 ч в 1 М HCl при 100°C; 50%-ный гидролиз при 100°C ~ 17 ч в 0,01 М кисл. и 10 ч в 0,25 М кисл. [α]_D²⁰ + 22,8 (в 0,02 М HCl); + 16,5 (с = 3,35 Ва-соли в 0,23 М HCl). Ва-соль: крист. + 6H₂O; уст. при комн.т.; р. H₂O. На-соль: аморф.; гигр.; уст. при 4°C в сухом состоянии.

D-Рибулозо-1,5-дифосфат
(рибулозо-1,5-дифосфат)



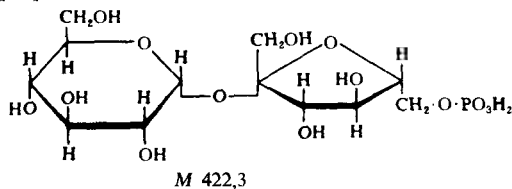
1-Фосфатная гр. полн. гидрол. за 20 мин при 100°C в 0,5 М H₂SO₄, на 50% за 12 мин при 100°C в 0,1 М кисл. Нейтр. раств. в замороженном состоя- нии уст. несколько нед. Na₄-соль: гигр., р. H₂O. Ва₂-соль: при хранении в сухом состоянии при 4°C теряется 20-50% в год. Получ. см. [Biochem. Preps. 6, 83 (1958); BJ 175, 909 (1978)]. Оч. см. [BJ 159, 563 (1976)].

D-Рибулозо-5-фосфат
(D-эритро-пентулозо-5-фос-
фат)

Ср. Рибулозо-1,5-дифосфат
M 230,1

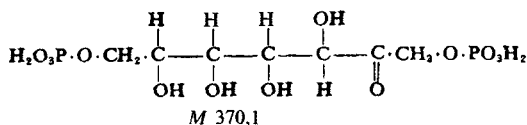
Гидрол. на 50% за 40 мин в 0,5 М H₂SO₄ при 100°C. [α]_D²⁰ - 40. Ва-соль: преп. содержит 90% основного в-ва. Получ. см. [Meth. Enzymol. 9, 41, 46 (1966); JBC 237, 643 (1962)].

Сахарозо-6'-фосфат



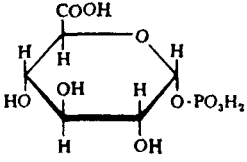
Гидрол. на 25% за 60 мин в 0,5 М H₂SO₄ при 100°C. Уст. в гор. щел. В 0,9 М HCl при 37°C увел. восстано- вительных свойств происходит медл., чем у сахарозы. Выделяется в виде Са-соли. Ва-соль: [α]_D + 35,4 (в H₂O). Получ. см. [Meth. Enzymol. 42, 341 (1975); Car- bohydr. Res. 21, 283 (1972)].

D-Седогеулозо-1,7-ди-
фосфат



Гидрол. на 50% за 30 мин в 0,5 М H₂SO₄ при 100°C, на 70% за 3 ч. Na-соль: крист. Получ. см. [JBC 218, 745 (1956); Meth. Enzymol. 41, 77 (1975)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Д-Седогептулозо-7-фосфат	Ср. Седогептулозо-1,7-дифосфат M 290,2	Гидрол. на 10–15% за 1 ч в 0,5 М H ₂ SO ₄ при 100 °С. Ва-соль: крист. [α] _D ²⁰ +5 (в H ₂ O). Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 6, 398 (1972); Biochem. Preps. 12, 1 (1968)].
Серийфосфат (О-фосфосерин)	H ₂ O ₃ POCH ₂ CH(NH ₂)COOH M 185,1	Гидрол. на 61% за 24 ч в 1 М HCl при 100 °С, на 51% в 0,5 М NaOH. Крист.: t _{пл} 165 ÷ 166 (разл.). pK _a 2,65; 5,91; 9,99. Раст.-сть: 2,8 ²⁰ (свободная кисл.), 25 ²⁰ (Na-соль) H ₂ O; Ca- и Ba-соли умеренно р. H ₂ O.
Ундекапренилдифосфат (ундекапренолпирофосфат; C ₅₅ -полипренолпирофосфат)	$\text{H} - \left[\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_{11} - \text{O} - \text{P} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} - \text{O} - \text{P} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} - \text{OH}$ M 927,3	Мягкие кисл. усл. (напр., pH 2, 100 °С 1 мин) вызывают полный гидрол. пренол-фосфатной связи с освобождением неорганического пирофосфата. Уст. в нейтр. и слабощел. усл., напр. pH 13, 37 °С, 15 мин. Получ. см. [Meth. Enzymol. 28, 306 (1972)].
Фарнезилдифосфат (транс-3,7,11-триметилдодекатриен-2,6,10-ил-1-дифосфат; фарнезилпирофосфат)	$\text{H} - \left[\text{CH}_2 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_3 - \text{O} - \text{P} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} - \text{O} - \text{P} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array} - \text{OH}$ M 382,3	Лабильн в кисл. раств., скорость гидрол. меняется обратно пропорционально pH, что свидетельствует о том, что в р-цию гидролиза вступают неионизованные молекулы. При 22 °С полн. гидрол. происходит за ~5 сут при pH 4 и <6 ч при pH 1. Довольно уст. в нейтр. и щел. раств. При pH 8 и ~20 °С гидрол. на 2% за 3 мес; в 0,1 КОН при 100 °С гидрол. на 15% за 1 ч. Крист. соли Li и S-бензилотиуриония. Получ. см. [Ann. 654, 180 (1962); JBC 237, 56 (1962); BJ 104, 57 (1967); Meth. Enzymol. 15, 359, 445 (1969)].
Формилглицинамидрибонуклеотид (2-формамидо-N-рибозилацетамид-5'-фосфат)	$\text{H}_2\text{O}_3\text{P} \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_2 \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH} \cdot \text{CHO} \end{array}$ M 314,2	pK _a 6,40. Формильная гр. гидрол. 0,1 М HCl при 100 °С за 15 мин. 25% фосфата освобождается за 60 мин при 100 °С в 1 М HCl, глицин и NH ₃ освобождаются в тех же усл. Получ. см. [JBC 221, 1057, 1071 (1956); Meth. Enzymol. 6, 678 (1963)].
Фосфоаргинин (L-аргинин-фосфат)	$\text{HN} = \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{NH} \cdot \text{PO}_3\text{H}_2 \\ \diagdown \text{NH} \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH} \end{array}$ M 254,2	pK _a 2,0; 4,5; 9,4; 11,2. t _{пл} 175 ÷ 180 (свободная кисл.). Li ₂ -соль: t _{пл} 180. Гидрол. на 100% за 1 мин в 0,1 М HCl при 100 °С. Получают в виде уст. Ва-соли (содержание Ва немного варьирует, содержит также HCO ₃ ⁻). Получ. см. [BJ 62, 358 (1956); 92, 429 (1964)].

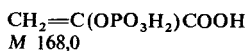
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
3-Фосфогидроксипиридиноградная кислота	$\text{H}_2\text{O}_3\text{POCH}_2\text{COCOON}$ M 184,0	Гидрол. на 50% за 20 мин в 1 М HCl при 90°C и за 15 ч в 1 М щёл. при комн. т. (ЦГА) ₂ -соль диметилкетала: крист. + 1 H ₂ O; $t_{\text{пл}}$ 183 ÷ 185. Свободная кисл. регенерируется обработкой дауэксом 50 (H ⁺) (см. получ.) (раств. содержит также MeOH). Получ. см. [Biochem. Preps. 7, 66 (1960); Meth. Carbohydr. Chem. 2, 286 (1963)].
Фосфогликолевая кислота	$\text{H}_2\text{O}_3\text{POCH}_2\text{COOH}$ M 156,0	Гидрол. на 7,8% за 2 ч в 0,5 М H ₂ SO ₄ при 100°C. Кислая Ва-соль; крист. + 1 H ₂ O. (ЦГА) ₃ -соль: крист. + 2 H ₂ O; уст. при комн. т.
D (+)-2-Фосфоглицериновая кислота (2-фосфоглицериновая кислота)	$\text{CH}_2\text{OHCH}(\text{OPO}_3\text{H}_2)\text{COOH}$ M 186,1	Медл. гидрол. кисл. $[\alpha]_{\text{D}}^{22} + 3,6$ ($c = 2$ Na ₂ -соли в H ₂ O); + 12,9 ($c = 1,8$ свободной кисл. в 1 М HCl). Na ₃ -соль: крист.; + 6H ₂ O; уст. при комн. т.; р. H ₂ O. (ЦГА) ₃ -соль: крист. Получ. см. [Biochem. Preps. 5, 66 (1957); JACS 76, 3188 (1954); BVA 141, 445 (1967)].
D (-)-3-Фосфоглицериновая кислота (3-фосфоглицериновая кислота; эфир Нильсона – Лохмана)	$\text{CH}_2(\text{OPO}_3\text{H}_2)\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ M 186,1	$[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 14,5$ (в 1 М HCl); - 745 (в раств. молибдата аммония). Гидрол. на 50% за 35,7 ч в 1 М HCl при 100°C, за 3 ч при 125°C. Кислая Ва-соль: крист. + 2H ₂ O; умеренно р. H ₂ O, р. разб. минер. кисл. Na ₃ -соль: аморф.; о. гигр.; р. H ₂ O; уст. в сухом состоянии. (ЦГА) ₃ -соль: крист. + 3H ₂ O; р. H ₂ O. В тв. состоянии соли уст. при комн. т. Раств. легко загрязняются микроорганизмами, если их не хранить замороженными. Могут содержать небольшие к-ва 2,3-дифосфоглицериновой кислоты.
6-Фосфоглюконовая кислота (D-Глюконовая кислота-6-фосфат)	$\text{H}_2\text{O}_3\text{P}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{--}\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}\text{--}\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}\text{--}\overset{\text{OH}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}\text{--}\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}\text{--COOH}$ M 276,1	При 70°C превращается в лактон, для которого $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 17,4$. Na ₃ -соль: крист. + 2H ₂ O; в тв. виде уст. при комн. т.; р. H ₂ O. (ЦГА) ₃ -соль: крист. Ва-соль: аморф. Может содержать ингибиторы 6-фосфоглюконаатдегидрогеназы.
D-1-Фосфоглюкуроновая кислота	 α-аномер M 274,1	β-Аномер, крист. дибруциновая соль; раствор-сть: 0,4 H ₂ O; крист. дибензиламониевая соль: $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 14$ ($c = 2,6$ в H ₂ O). α-Аномер; K ₃ -соль: крист. + 5 H ₂ O; $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 51$ ($c = 2,4$ в H ₂ O); разл. > 150°C; спекается при 100°C; в 0,01 М кисл. при 61°C гидрол. на 50% за 60 ч. Раств. наиболее уст. при pH 8. Получ. см. [JCS 1952, 1578; 1958, 4128 (α-аномер); JBC 197, 863 (1952) (β-аномер)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

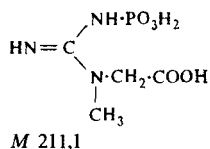
Свойства и другие данные

Фосфоенолпировиноградная кислота (фосфопировиноградная кислота)



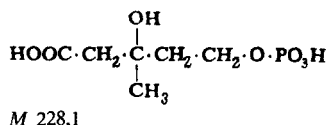
Гидрол. на 50% за 8,3 мин в 1 М НСl при 100 °С. Легко гидрол. щел. Чувствительна к ионам тяжелых металлов. Кислые моно-К-соль и моно-Na-соль: +1H₂O; негигр.; в тв. состоянии уст. при 4 °С; р. H₂O (дают кисл. раств., которые следует сразу нейтрализовать). Нейтр. соли: Na₃-соль; безводн. или +2H₂O; (ЦГА)₃-соль в тв. состоянии уст. при 4 °С ≥ 1 год; р. H₂O (дает нейтр. раств.). Раств. следует хранить нейтр. и каждую неделю готовить заново.

Фосфокреатин (креатинфосфат)



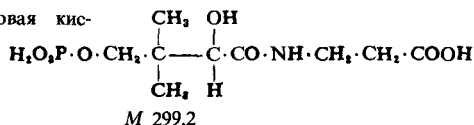
pK_a 2,7; 4,58. О неуст. в кисл.; полн. гидрол. за 1 мин в 1 М НСl при 100 °С, на 50% гидрол. за 4 мин в 0,5 М НСl при 25 °С. Гидрол. ускоряется молибдатом, и креатинфосфат ведет себя как P_i в методе определения фосфата по Фiske Суббароу. Гидрол. протекает медл. при pH 7,8; слабощел. раств. уст. на хол. в течение нескольких сут., но сразу же гидрол. при небольшом подкислении. Na₂- и (трис)₂-соли: крист.; уст. на хол.; р. H₂O. Na₂-соли: +4H₂O; гигр.; образует гексагидрат, но уст. в вакууме над осушителем.

5-Фосфомевалоновая кислота (фосфомевалоновая кислота)



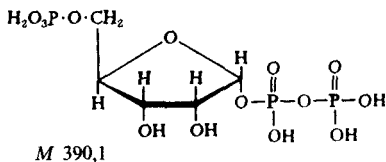
Природное соединение левовращающее. Уст. 7 мин при 100 °С в 1 М НСl или 1 М КОН; гидрол. на 9% за 60 мин в 1 М НСl. pK_1 1,7; pK_2 4,6; pK_3 6,9. (ЦГА)₂- и (ЦГА)₃-соли: крист.; $t_{пл}$ 145 ÷ 147 и 152 ÷ 154. Получ. см. [Meth. Enzymol. 6, 505 (1963); 15 410 (1969)].

4-Фосфантотеновая кислота

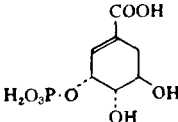
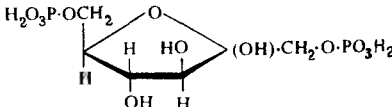
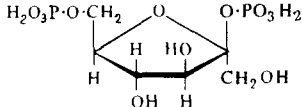
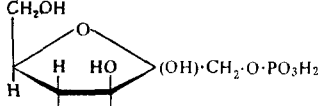


Гидрол. на 56% за 160 мин при 100 °С в 2 М НСl. Уст. 2 ч при 100 °С в 0,05 М КОН. Ва-соль: р. H₂O. Li-соль: получ. см. [Meth. Enzymol. 62, 236 (1979)].

Фосфорибозилдифосфат (фосфорибозилпирофосфат; α-D-рибофуранозо-1-пирофосфат-5-фосфат; 5-фосфорибозил-1-пирофосфат)



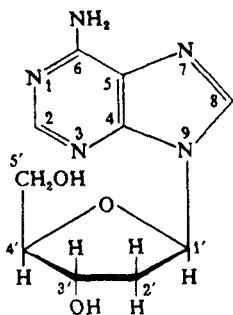
pK_a 5,9; 6,7. Полная потеря пирофосфатной гр. в виде неорг. пирофосфата за 20 мин при 65 °С и pH 3,0 50% при pH 6,7. Раств. уст. при pH 8 на хол., можно хранить несколько мес. при pH 8 и -20 °С. Na₄-соль: в тв. состоянии уст. несколько мес., если высушена и защищена от света. Получ. см. [Biochem. Preps. 8, 110 (1961)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
5-Фосфошкимовая кислота	 $M\ 254,1$	Гидрол. на 25–30% за 30 мин в 0,1 М НСl при 120 °С. $[\alpha]_D^{29} -107,6$ ($c = 1,02$ К-соли в H_2O). Получ. см. [JACS 78, 2894 (1956); Meth. Enzymol. 17A, 351 (1970)]. 3-Еноилпирувилшкимат-5-фосфат: получ. см. [JBC 239, 1142 (1964)].
D-Фруктозо-1,6-дифосфат (гексозидифосфат; эфир Харден – Янга; FDP)	 $M\ 340,1$	$[\alpha]_D^{17} + 4$ (свободной кисл. в H_2O), pK_a 1,48; 6,29 (для каждой фосфатной гр.). Для 1-фосфата 50%-ный гидрол. в 1 М НСl при 100 °С за 6 мин и для 6-фосфата 75 мин. Na_3-соль: крист. +8H_2O; негигр.; х. р. H_2O, в тв. состоянии уст. при 4 °С; нейтр. раств. уст. при –15 °С. Na_4-соль: о. гигр. (ЦГА)$_4$-соль: крист. +10H_2O; х. р. H_2O, в тв. состоянии уст. при 4 °С. Mg_2-соль: в тв. состоянии уст.; х. р. H_2O. Ba_2- и Ca_2-соли раств.-сть: 0,5 в H_2O; моно-Ba- и моно-Ca-соли раств.-сть: 50 H_2O; Ba-соли разл. при хранении. Как правило, соли при стоянии слегка желтеют, но заметного разл. не наблюдается.
D-Фруктозо-2,6-дифосфат	 β-аномер $M\ 340,1$	Природное соединение – β-аномер. Неуст. в кисл. (образуется фруктозо-6-фосфат и P_i); при pH 3 и 22 °С 50%-ный гидрол. за 7 мин, в 0,01 М НСl при 0 °С за ~15 мин и при 20 °С за < 3 мин. Уст. в щел., напр. уст. при 100 °С 30 мин в 0,01 М NaOH или 15 мин в 0,1 М KOH. Получ. см. [JBC 256, 3171 (1981); EJB 117, 319 (1981); Meth. Enzymol. 89, 101 (1982)]. Стимулирует фосфофруктокиназу и ингибирует фруктозидифосфатазу. См. обзор (BJ 206, 1 (1982)).
D-Фруктозо-1-фосфат	 $M\ 260,1$	$[\alpha]_D^{20} - 52,5$ (свободная кисл. в H_2O). Полн. гидрол. в 1 М НСl при 100 °С за 30 мин, на 50% гидрол. за 2,8 мин; при pH 4 и 37 °С гидрол. на 50% за ~10 ÷ 15 мин. Ba- и (ЦГА)$_2$-соль: крист.; р. H_2O. Na_2-соль: аморф., р. H_2O. Соли уст. при 4 °С в сухом состоянии, при хранении в течение 6–12 мес могут слегка желтеть, но заметного разл. не наблюдается. Следует использ. свежеприготовленные раств.
D-Фруктозо-6-фосфат (эфир Нойберга)	Ср. Фруктозо-1-фосфат $M\ 260,1$	pK_a 0,97; 6,11. $[\alpha]_D^{21} + 2,5$ ($c = 3$ в H_2O). Гидрол. на 50% в 1 М НСl при 100 °С за 70 мин. Менее уст. к щел. Нейтр. раств. уст. несколько нед. Na_2-соль: аморф.; гигр.; р. H_2O. Ba-соль: аморф.; р. H_2O. Соли уст. при

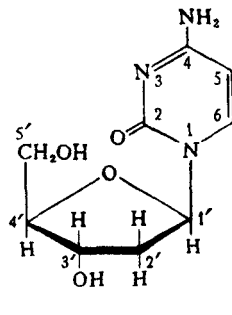
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Холинфосфат (фосфохолин; холинфосфорная кислота)	$(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}^-$ M 183,1	комн. т., если высушены; могут слегка желтеть при длительном хранении, но без заметного разл. Раств-сть в H_2O 55 ²⁰ (свободная кисл.), 20 ²⁰ (Са-соль). Уст. в кисл., гидрол. на 15% за 5 ч при 100°C в 1 М НСl. В щел. полн. гидрол. за 4 ч при кипячении (обратный холодильник) в присутствии насыщ. Ва(ОН) ₂ . Обычно получают в виде хлорида Са-соли; крист. +4Н ₂ О; уст. ≥12 мес при комн. т.
D-Эритрозо-4-фосфат	$\text{H}_2\text{O}_3\text{P}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\cdot\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}\cdot\text{CHO}$ M 200,1	[α] _D + 0,5 (с = 1 в Н ₂ О). Гидрол. на 50% за 20 мин при 100°C в 0,5 М Н ₂ SO ₄ . Более уст. при кисл. рН, чем в нейтр. раств. Нейтр. раств. следует хранить хол. и использ. сразу. Ва-соль диэтилацетата: в тв. состоянии уст. при 4°C; р. Н ₂ О. Эритрозо-4-фосфат в раств. димеризуется, процесс ускоряется в присутствии триса. Получ. см. [Can. J. Biochem. 44, 663 (1966); Meth. Enzymol. 9, 35 (1966)].

4. Компоненты нуклеиновых кислот и родственные соединения

Номенклатура. В литературе используются две номенклатуры для пиримидинов (два различных способа нумерации атомов). Согласно более новой системе, например, урацил имеет систематическое название 2,4-дигидрокси-2-пиридин, а согласно более старой номенклатуре – 2,6-дигидрокси-2-пиридин. Может возникнуть путаница, поскольку в оригинальных работах может быть не указана используемая система. Так, в работах [JCS 1962, 1348; JACS 85, 4024 (1963)] под 1-метилцитозином и 3-метилцитозином подразумевается одно и то же соединение; поскольку цитозин – это по старой системе 6-амино-2-гидрокси-2-пиридин, а по новой 4-амино-2-гидрокси-2-пиридин. Широкое обсуждение номенклатуры пиримидинов можно найти в работе [Brown D. J., The Pyrimidines, Interscience, New York and London, 1962]. Далее используется более новый способ нумерации, например:



адениндезоксирибозид



цитозиндезоксирибозид

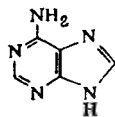
Приняты обычно применяемые сокращения (символы) для обозначения нуклеиновых кислот, полинуклеотидов и их компонентов [BJ 120, 449 (1970); JBC 245, 5171 (1970); EJB 15, 203 (1970)].

Минорные основания в нуклеиновых кислотах. Наряду с основными (главными) компонентами нуклеиновых кислот, включенными в этот раздел, найдены в небольших количествах многие другие пуриновые и пиримидиновые производные; исчерпывающий обзор этих соединений см. [PNARMB 12, 49 (1972)].

pK_a . Некоторые значения, опубликованные в литературе, могут отличаться от приведенных здесь более чем на $\pm 0,1$ ед. pH. Литературные источники данных по pK_a указаны в разд. 5.

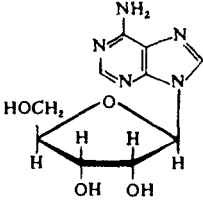
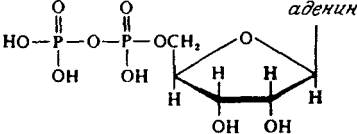
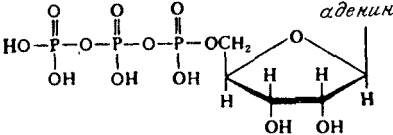
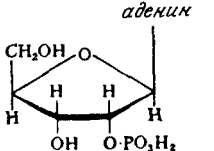
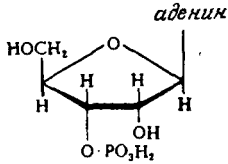
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

Семейство аденина
Аденин (6-аминопурин)



M 135,1

$pK_a < 1,0$; 4,1; 9,8. Раств-сть: 0,09²⁵, 2,5¹⁰⁰ H₂O; м. р. EtOH; я. р. эф., CHCl₃. Выделяется из ДНК при гидрол. разб. кисл.

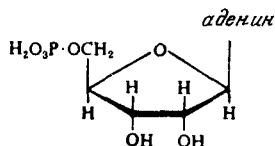
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Аденозин (аденинрибозид; 9-β-D-рибофуранозиладенин, Ado)	 $M\ 267,2$ Аденозин · 0,5 H₂O: $M\ 276,2$	$pK_a\ 3,5; 12,5$. Раств-сть: р. H₂O; о. п. р. EtOH. Крист. H₂O теряется при 100 °С в вакууме. Легко гидрол. в разб. минер. кисл. до аденина и D-рибозы. Дезаминируется до инозина азотистой кисл.
Аденозин-5'-дифосфат (ADP)	 $M\ 427, 2$ 5'-ADP · Na₂ · 2H₂O: $M\ 507,2$	$pK_a\ 3,9; 6,1 \div 6,7$. В 1 M HCl при 100 °С концевая фосфатная гр. освобождается за 10 мин. Гидрол. за 60 мин до аденина, рибозо-5-фосфата, рибозы и P_i.
Аденозин-5'-трифосфат (ATP)	 $M\ 507,2$ ATP · Na₂ · 3H₂O: $M\ 605,2$ ATP · K₂ · 1,5H₂O: $M\ 610,4$	$pK_a\ 4,1; 6,0 \div 7,0$. 66% фосфора освобождается в виде P_i за 10 мин при 100 °С в 1 M HCl. Нейтр. соли K и Na уст. несколько мес. в раств. при -15 °С, ~ 1 нед при 0 °С, несколько ч при 0 °С в 7%-ной трихлоруксусной кисл. В щелоч. раств. разл. до PP_i и аденозин-5'-фосфата даже при 0 °С.
Аденозин-2'-фосфат (2'-AMP; адениловая кислота а)	 $M\ 347,2$ 2'-AMP · H₂O: $M\ 365,2$	$pK_a\ 3,8; 6,2$. Получают наряду с 3'-изомером при щел. гидрол. РНК (0,3 M KOH, 37 °С, 16 ч.). Кисл. гидрол. до аденина, рибозо-5-фосфата, рибозы и P_i в 1 M HCl при 100 °С за 1 ч.
Аденозин-3'-фосфат (3'-AMP; дрожжевая адениловая кислота; адениловая кислота б)	 $M\ 347,2$ 3'-AMP · H₂O: $M\ 365,2$	$pK_a\ 3,7; 5,9$. Получают наряду с 2'-изомером при щел. гидрол. РНК (0,3 M KOH, 37 °С, 16 ч.). Кисл. гидрол. протекает, как и гидрол. 2'-AMP. При перегонке из 20%-ной HCl в течение 3 ч наблюдается кол-венный выход фуфурола (см. Аденозин-5'-фосфат).

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Аденозин-5'-фосфат
(5'-AMP; мышечная адени-
ловая кислота)

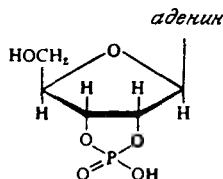


M 347,2'

5'-AMP · H₂O: M 365,2

рK_a 3,8; 6,2 + 6,4. Раств-сть: р. гор. H₂O. Кисл. гидрол. протекает, как у 2'-фосфата. При перегонке из 20%-ной HCl образуются только следы фурфурола (см. Аденозин-3'-фосфат).

Аденозин-2',3'-циклофосфат
(2',3'-цикло-AMP; 2',3'-сAMP)

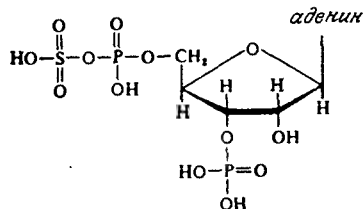


M 329,2

2', 3'-сAMP · H₂O; M 347,22', 3'-сAMP · NH₄: M 346,2

Получается в качестве промежуточного продукта при щел. гидрол. РНК. Легко превращается в смесь 2'- и 3'-фосфатов под действием разб. кисл. и щел. при комн. т.

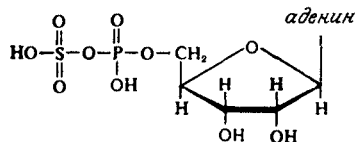
Аденозин-3'-фосфат-5'-фос-
фосульфат (PAPS; 3'-фосфо-
аденозин-5'-фосфосульфат;
3'-фосфо-5'-аденилилсуль-
фат)



M 507,3

Раств-сть: р. H₂O. Тв. в-во при 37°C разл. на 15–20% в день. Хранить при низкой темп. Сульфатная гр. быстро гидрол. в кисл. до 3', 5'-ADP и сульфата; период полупревращения в 0,1 M HCl при 37°C 6 мин. Ср. уст. в щел.; заметного гидрол. не происходит в 0,1 M NaOH при 37°C за 2 ч, частичный гидрол. наблюдается за 2 ч. при 100°C. Раств. уст. при pH 8 и в замороженном состоянии. Реагирует с NH₄⁺, образуя 5'-фосфоамид. Спектр: аналогичен спектру 5'-AMP; ε₂₆₀ 14500. Получ. см. [Biochem. Preps, **10**, 3 (1963); JBC **239**, 2986 (1964); BBA **480**, 376 (1977); Meth. Enzymol. **6**, 766 (1963); Molec. Pharmacol. **2**, 56 (1966); JBC **249**, 2079 (1974)].

Аденозин-5'-фосфосульфат
(APS; аденозин-5'-сульфо-
фосфат; 5'-аденилилсуль-
фат)



M 427,3

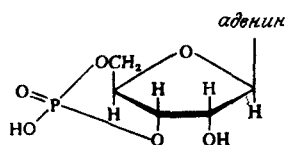
Раств-сть: р. H₂O. Тв. в-во разл. при 37°C на 7% в день; хранить при низкой темп. Сульфатная гр. быстро гидрол. в кисл., уст. в разб. щел., как и в случае аденозин-3'-фосфат-5'-фосфосульфата. Раств. уст. при pH 8 и в замороженном состоянии. Спектр: аналогичен спектру аденозиновых нуклеотидов; λ_{max} 259 нм, ε 15400 (pH 7). Получ. см. [Method. Enzymol. **6**, 766 (1963); JBC **239**, 2986 (1964); Anal. Biochem. **42**, 207 (1971); Z. Naturforsch. **C** **34**, 346 (1979)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Аденозин-3',5'-циклофосфат
(3',5'-цикло-AMP; 3',5'-сАМР,
цАМФ)



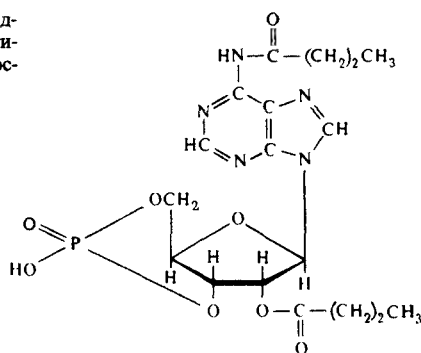
M 329,2

3', 5'-сАМР · H_2O : M 347,2

3', 5'-сАМР · $Na \cdot 2H_2O$: M 387,2

Раств-сть: р. H_2O . Циклонуклеотиды более уст. к кисл., чем нециклические монофосфаты. В 1 М НСl при 100 °С время выделения 50% аденина для циклофосфата 30 мин и для аденозин-2'(3'- или 5')-фосфата 2–4 мин. 0,2 М Ва(OH)₂ при 100 °С за 30 мин полн. гидрол. циклофосфат до смеси 3'-АМР и 5'-АМР (5:1). Синтезируется аденилатциклазой в ответ на некоторые гормональные стимуляторы; действует как «второй» посредник при клеточном гормональном контроле путем стимуляции протеинкиназ. Спектр: рН 2 λ_{max} 256 нм, ϵ 14500; рН 7 λ_{max} 258 нм, ϵ 14650.

Дибутирильное производное сАМР (N⁶, O²-дибутириладенозин-3',5'-циклофосфат; Bu₂-сАМР)

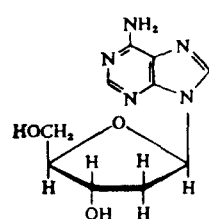


M 469,4

Na-соль: M 491,4

Раств-сть: р. H_2O . Дибутирильное производное проникает в клетки более эффективно, чем сАМР, и обычно использ. для интактных клеток. ϵ_{273} (рН 7) 17400. При рН 8,5 образует N⁶-монобутирильное производное.

2'-Дезоксиаденозин (аденин-дезоксирибозид; 9-β-D-2'-дезоксирифофуранозиладенин)

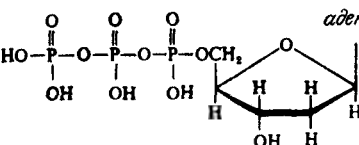


M 251,2

Гидрат (· H_2O): M 269,2

рK_a 3,8. Раств-сть: р. H_2O . Получается при ферментативном гидрол. ДНК. Легко гидрол. разб. кисл. Гидрат теряет крист. H_2O при 80 °С в вакууме.

2'-Дезоксиаденозин-5'-трифосфат (адениндезоксирибозо-5'-трифосфат; dATP)



M 491,2

Na₂-соль · 3H₂O: M 589,2

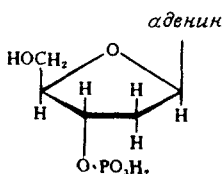
рK_a 4,8; 6,8.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

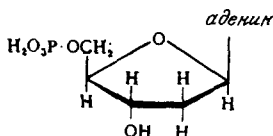
2'-Дезоксиаденозин-3'-фосфат (адениндезоксирибозо-3'-фосфат; 3'-дезоксиадениловая кислота)



M 331,2

pK_a 4,4; 6,4. Легко гидрол. разб. минер. кисл. Кол-венно освобождается из ДНК под действием фосфодиэстераз из *Micrococcus pyogenes* и селезенки телянка [JBC 236, 864 (1961)].

2'-Дезоксиаденозин-5'-фосфат (адениндезоксирибозо-5'-фосфат; 5'-дезоксиадениловая кислота; dAMP)



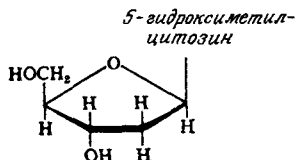
M 331,2

Na₂-соль · H₂O: M 393,2Гидрат (· H₂O): M 349,2

pK_a 4,4; 6,4. Легко гидрол. разб. минер. кисл. Освобождается при нагрев. из ДНК днэстеразой из *E. coli* [JBC 235, 1479 (1960)] или панкреатической ДНКазой с последующей обработкой диэстеразой змеяного яда.

Семейство гидроксиметил-цитозина

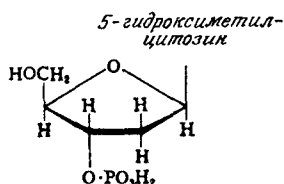
5-Гидроксиметилдезоксцитидин (5-гидроксиметилцитозиндезоксирибозид)



M 257,2

pK_a 3,5. Выделяется из кисл. гидролизатов (10%-ная HClO₄, 100 °C, 1 ч) ДНК Т-четных бактериофагов *E. coli*. Крист. пикрат; см. [JBC 226, 631 (1957)].

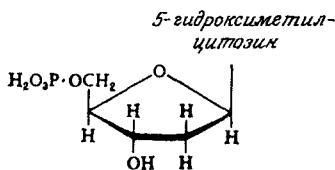
5-Гидроксиметил-2'-дезоксцитидин-3'-фосфат (5-гидроксиметилцитозиндезоксирибозо-3'-фосфат)



M 337,2

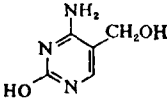
Выделяется из ДНК бактериофага Т2, разрушенной дифениламином и диэстеразой из селезенки телянка.

5-Гидроксиметил-2'-дезоксцитидин-5'-фосфат (5-гидроксиметилцитозин-2'-дезоксирибозо-5'-фосфат)



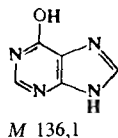
M 337,2

Раств-сть: ~4,5 мкмоль/мл при 0 °C и pH 3,0. Отличается от глюкозилированного производного по спектру при pH 4,3 [Science 120, 551 (1954)]. Получают из ДНК фагов Т2 и Т6 гидролизом фосфодиэстеразой *E. coli* или незначительно панкреатической ДНКазой с последующей обработкой диэстеразой змеяного яда. Синтезированы соответствующие ди- и трифосфаты [JBC 235, 2688 (1960)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
5-Гидроксиметилцитозин (4-амино-2-гидрокси-5-гидро- ксиметилпиримидин)	 M 141,1 Гидрат ($\cdot 0,5H_2O$): M 150,1	pK_a 4,3; ~ 13 . Раств-сть: м.р. H_2O . Выделяется из кисл. (88%-ная $HCOOH$ или 6 М HCl) гидролизатов ДНК Т-четных бактериофагов <i>E. coli</i> . Разрушается при нагрев. ДНК с 72%-ной $HClO_4$. Крист. пикрат: см. [JBC 226, 631 (1957)].

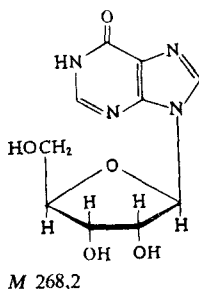
Семейство гипоксантина

Гипоксантин (6-гидроксипу-
рин)



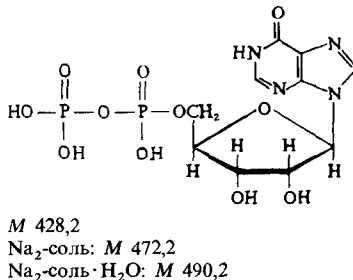
pK_a 2,0; 8,9; 12,1. Раств-сть: 0,07¹⁹, 1,4¹⁰⁰ H_2O ; р. разб. кисл. и щел. Образуется в процессе катаболизма аденина. Разл. <5% через 1 ч при 100 °С в 0,5 М H_2SO_4 или 10 М $NaOH$. Образуется из аденина дезаминированием азотистой кисл.

Инозин (гипоксантинрибо-
зид; 9-β-D-рибофураозил-
гипоксантин)



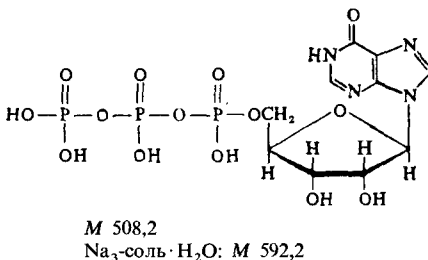
pK_a 1,2; 8,9; 12,5. Раств-сть: 1,6²⁰ H_2O ; о.п.р. $EtOH$. Не является обычным компонентом нуклеиновых кисл., но может получаться при выделении их компонентов. В небольших кол-вах выделяют из дрожевой тРНК. Легко гидрол. в разб. минер. кисл. до гипоксантина и D-рибозы. Получают дезаминированием аденозина азотистой кисл.

Инозин-5'-дифосфат (IDP;
5'-IDP; гипоксантинрибо-
зил-5'-дифосфат)



Получают дезаминированием ADP.

Инозин-5'-трифосфат (ITP;
5'-ITP; гипоксантинрибо-
зилтрифосфат)



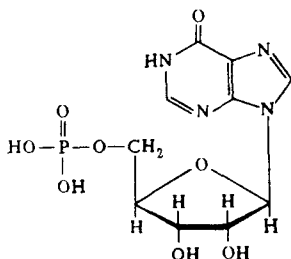
pK_a 6,9. Получают дезаминированием АТФ. 2'-Дезоксиинозин-5'-трифосфат: M 492,2.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Ииозии-5'-фосфат (5'-IMP;
5'-инозиновая кислота;
гипоксантирибозил-5'-фос-
фат)

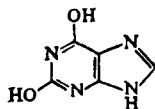


M 348,2

Na₂-соль · 2H₂O: M 428,2

pK_a 1,5; 6,0; 8,9. Раств-сть: р. H₂O, муравьиная кисл.; о. п. р. EtOH, эф. Получают дезаминированием АМР. Гидрол. разб. кисл. до гипоксантина, рибозо-5-фосфата, D-рибозы и P_i.

Ксаитин (2,6-диоксопурин)

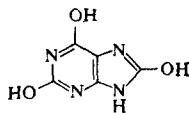


M 152,1

pK_a 0,8; 7,4; 11,1. Раств-сть: 0,05²⁰, 0,2¹⁰⁰ H₂O; м. р. EtOH; р. щел.; н. р. орг. раств-ли. Разл. <10% за 1 ч при 100 °C в 0,5 М H₂SO₄ или 10 М NaOH. Образуется из гуанина дезаминированием азотистой кисл. Рибозид: выд. см. [JCS 1933, 663]; синт. см. [JCS 1949, 232].

Семейство гуанина

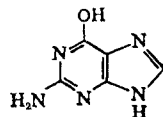
Мочевая кислота (2,6,8-три-
гидроксипуриин)



M 168,1

pK_a 5,4; 11,3. Раств-сть: 0,002²⁰, 0,05¹⁰⁰ H₂O; р. щел. глицерин; н. р. EtOH, эф. Основной конечный продукт метаболизма азота у птиц и рептилий. Обычный промежуточный продукт метаболизма пуринов у животных. Подвергается дальнейшему метаболизму в организме большинства млекопитающих, но не у человека. Присутствует в моче всех плотоядных животных.

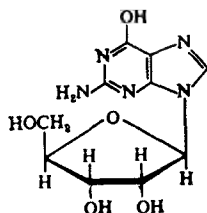
Гуанин (2-амино-6-гидрок-
сипуриин)



M 151,1

pK_a 3,3; 9,2; 12,3. Раств-сть: р. кисл. и щел., о. п. р. EtOH; н. р. H₂O (0,004⁴⁰), орг. раств-ли.

Гуанозин (9-β-D-рибофу-
ранозилгуанин)



M 283, 2

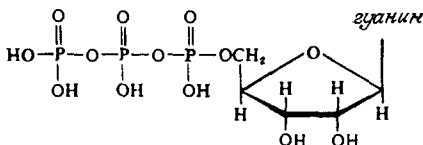
pK_a 1,6; 9,2; 12,4. Раств-сть: 0,08¹⁸, 3,0¹⁰⁰ H₂O; р. разб. минер. кисл. и щел., гор. укс. кисл.; н. р. эф., EtOH CHCl₃, бенз. Легко гидрол. в разб. минер. кисл. до гуанина и D-рибозы. Дает голубую флуоресценцию в УФ-свете при pH 1, но не в щел. Дезаминируется до ксантозина азотистой кисл.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Гуанозин-5'-дифосфат (GDP)

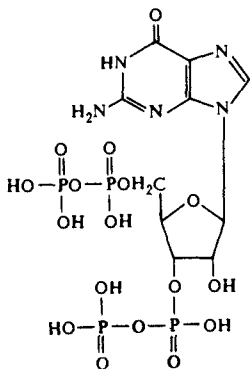


$pK_a < 1; 2,9; 6,3; 9,6$. 50% общего содержания фосфора освобождается в виде P_i через 15 мин в 0,5 М H_2SO_4 при $100^\circ C$, через 1 ч превращается в гуанин, рибозо-5-фосфат, рибозу и P_i .

M 523,2

Na₄-соль · 2H₂O: M 647,2

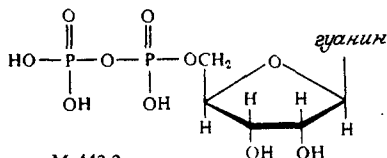
Гуанозин-5'-дифосфат-3'-дифосфат (ppGpp; гуанозинтетрафосфат; магическое пятно I; MSI)



Синтезируется в *E. coli* путем переноса пирофосфата из ATP к GDP при аминокислотном голодании, участвует в механизме строгого контроля (ингибирование синтеза рРНК). Сит. см. обзоры [Biochem. 14, 981 (1975); PNARM 17, 1 (1976)]. Ингибирует аденилсукцинатсинтазу [JBC 254, 2579 (1979)]. 3'-Дифосфатные гр. более лабильны, чем 5'; хранить при $-70^\circ C$. ppGpp щелочелабилн (в 0,3 М КОН при $37^\circ C$ $t_{1/2}$ 6,5 мин).

M 603,2

Гуанозин-5'-трифосфат (GTP)



$pK_a < 1; 3,3; 6,3; 9,3$. 66% общего содержания фосфора освобождается в виде P_i через 15 мин в 0,5 М H_2SO_4 при $100^\circ C$; через 1 ч превращается в гуанин, рибозо-5-фосфат, рибозу и P_i .

M 443,2

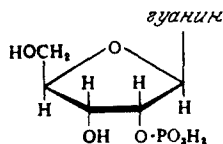
Na-соль · 2H₂O: M 501,2

Гуанозин-5'-трифосфат-3'-дифосфат (pppGpp; магическое пятно II; MSII)

Ср. ppGpp и GTP
M 683,2

Аналогичен ppGpp; синтезируется из ATP и GTP.

Гуанозин-2'-фосфат (2'-гуаниловая кислота; 2'-GMP)



pK_a 0,7; 2,3; 5,9; 9,4. Раств-сть: р. H_2O . Получают наряду с 3'-изомером при щел. гидрол. РНК (0,3 М КОН, $37^\circ C$, 16 ч). Гидрол. до гуанина, рибозы и P_i в 1 М НСl при $100^\circ C$ за 1 ч. pK_a приведены для смеси 2'- и 3'-изомеров.

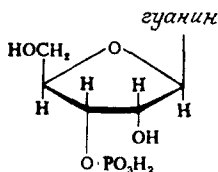
M 363,2

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Гуанозин-3'-фосфат (3'-гуаниловая кислота; 3'-GMP)

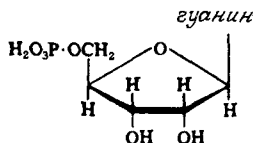


M 363,2

Na₂-соль · 2H₂O: M 443,2

pK_a 2,3; 5,9; 9,7. Раств-сть: р. H₂O. Аналогичен 2'-изомеру. Один из продуктов действия рибонуклеазы T₁ из такадиастазы на РНК.

Гуанозин-5'-фосфат (5'-гуаниловая кислота; 5'-GMP; GMP)

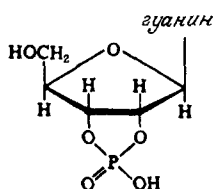


M 363,2

5-GMP-Na₂ · H₂O: M 425,2

pK_a 2,4; 6,1; 9,4. Кисл. гидрол. аналогичен гидрол. гуанозин-2'-фосфата.

Гуанозин-2',3'-циклофосфат (2',3'-цикло-GMP; 2',3'-cGMP)

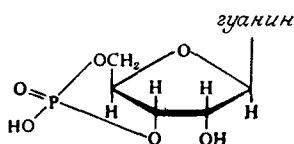


M 345,2

Ba_{0,5}-соль · 3H₂O: M 466,9

Получают как промежуточное соединение при гидрол. РНК рибонуклеазой T₁ из такадиастазы или щел. Легко превращается в 3'-фосфат нуклеазой T₁ и рибонуклеазой из листьев растений и в смесь 2'- и 3'-фосфатов разб. кисл. и щел. Не атакуется панкреатической рибонуклеазой.

Гуанозин-3',5'-циклофосфат (3',5'-цикло-GMP; cGMP)

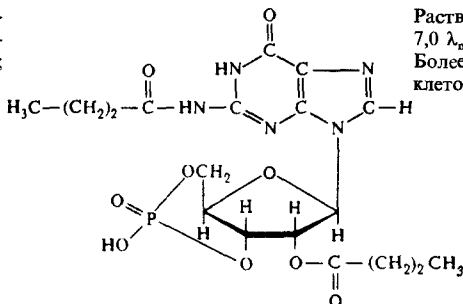


M 345,2

Гидрат (· 0,5H₂O): M 354,2

Na-соль: M 367,2

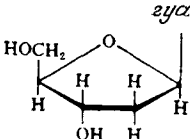
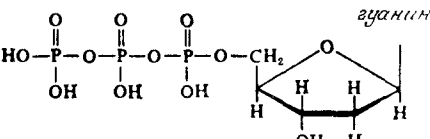
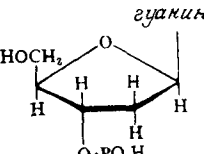
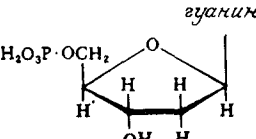
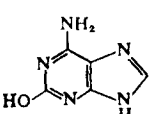
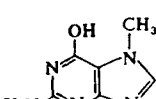
По-видимому, участвует в клеточных механизмах контроля.

дибутирильное производное (N²-2'-О-дибутирилгуанозин-3',5'-циклофосфат; diBu-cGMP)

M 485,4

Na-соль: 507,4

Раств-сть: р. H₂O, MeOH. Спектр: pH 7,0 λ_{max} 260 нм, ε 16700. Уст. при 4°C. Более эффективно проникает через клеточные мембраны, чем cGMP.

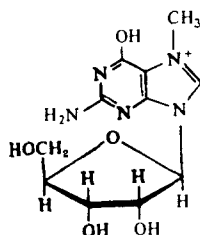
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
2'-Дезоксигуаизозин (гуаниндезоксирибозид; 9- β -D-2'-дезоксирибофураозилгуанин)	 гуанин M 267,2 Гидрат ($\cdot H_2O$): M 285,2	pK_a 2,5. Раств-сть: р. H_2O . Легко гидр. разб. минер. кисл.
2'-Дезоксигуанозин-5'-трифосфат (гуаниндезоксирибозо-5'-трифосфат; dGTP)	 гуанин M 507,2 Na_4-соль $\cdot 2H_2O$: M 631,2	pK_a 3,5; 6,5; 9,7.
2'-Дезоксигуанозин-3'-фосфат (гуаниндезоксирибозо-3'-фосфат; 3'-дезоксигуаниловая кислота)	 гуанин M 347,2 $(NH_4)_2$-соль $\cdot 2H_2O$: M 417,3	Легко гидр. разб. минер. кисл. Кол-венно освобождается из ДНК под действием диэстераз из <i>Micrococcus pyogenes</i> и селезенки телянка [JBC 236, 864 (1961)]. Диэстераза из <i>Lb. acidophilus</i> освобождает 3'-фосфаты из олигонуклеотидов [JBC 238, 2789 (1963)].
2'-Дезоксигуанозин-5'-фосфат (гуаниндезоксирибозо-5'-фосфат; 5'-дезоксигуаниловая кислота; dGMP)	 гуанин M 347,2 Na_2-соль $\cdot 2H_2O$: M 427,2	pK_a 2,9; 6,4; 9,7. Легко гидр. разб. минер. кисл. Получаются путем гидр. нагретой ДНК под действием фосфодиэстеразы из <i>E. coli</i> [JBC 235, 1479 (1960)] или панкреатической ДНКазы с последующей обработкой диэстеразой змеиного яда.
Изогуанин (2-гидрокси-6-аминопурин)	 M 151,1 $(C_5H_5N_3O)_2 \cdot H_2SO_4 \cdot H_2O$: M 418,3	pK_a 4,5; 9,0. Раств-сть: 0,006 ²⁵ , 0,025 ¹⁰⁰ H_2O . Обнаружен в виде нуклеозида (кротонозида) в кротоновых бобах [JACS 61, 350 (1939)]. Кристаллизационная H_2O сульфата не удаляется при 130 °C в вакууме за 3 ч. Не дезаминируется азотистой кисл. Немного флуоресцирует в УФ-свете при pH 1, 7, 11 и 13 [Anal. Biochem. 3, 49 (1962)].
7-Метилгуанин	 M 165,2	pK_a $\sim$ 0; 3,5; 9,9. В небольших кол-вах присутствует в моче человека (в норме) и в тРНК. Компонент «кэпа» эукариотических мРНК.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

7-Метилгуанозин

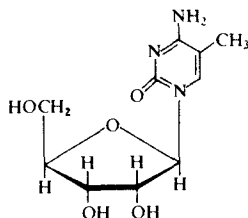


M 297,3

pK_a 7,0. В небольших кол-вах присутствует в тРНК. Гидрол. до 7-метилгуанина и D-рибозы при нагрев. до 100 °C за 1 ч в воде, метаноле или 1 M H_2SO_4 . Конец «эпированных» эукариотических мРНК [PNAS 72, 1189 (1975); Nature 255, 33 (1975)].

Семейство 5-метилцитозина

5-Метил-2'-дезокситидин (5-метилцитозиндеоксирибозид; 3-β-D-2'-деоксирибофуранозил-5-метилцитозин)

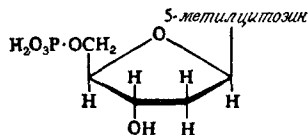


M 241,2

Гидрохлорид (·HCl): M 277,7

pK_a 4,4; > 13. Раств-сть: р. H_2O . Выделяется из ДНК пшеницы. Гидрохлорид: теряет H_2O при 100 °C в вакууме за 48 ч.

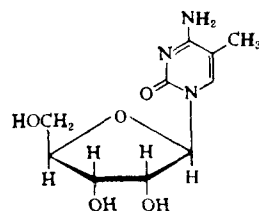
5-Метил-2'-дезокситидин-5'-фосфат (5-метилдезокситидиловая кислота)



M 321,2

pK_a 4,4. Получается гидрол. ДНК из зародышей пшеницы панкреатической ДНКазой и диэстеразой змеиного яда.

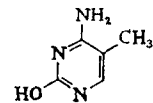
5-Метилцитидин



M 257,2

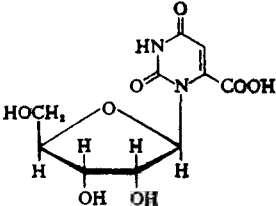
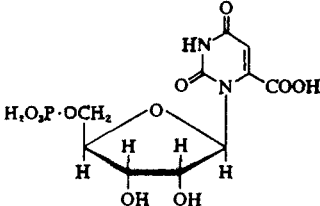
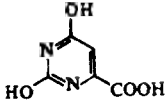
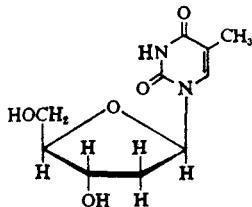
pK_a 4,3; > 13. Распространен как 5-метилцитозин. Деаминируется азотистой кисл. до тимидинрибозид.

5-Метилцитозин (4-амино-2-гидроксипиридин-5-метилпиримидин)



M 125,1

pK_a 4,6; 12,4. Раств-сть: 0,45²⁵ H_2O . 5-Метилцитозин составляет ~6% (мол.) общего содержания оснований ДНК, в небольших количествах присутствует в рибосомной и тРНК из многих источников. Деаминируется азотистой кисл. до тимина.

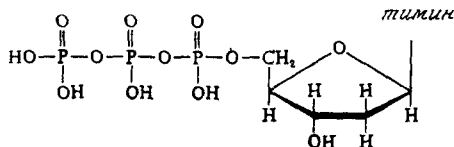
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Семейство оротовой кислоты		
Оротидин (рибозид оротовой кислоты; 3-β-D-рибофуранозилоротовая кислота)	 M 288,2 Соль с циклогексиламином $(C_6H_{13}N)$: M 387,4	Раств-сть: р. H_2O, EtOH, водн. EtOH. Легко гидрол. разб. минер. кисл. Выделяется в ср. больших кол-вах из мочи больных раком, получающих в качестве химиотерапевтического средства 6-азауридин-5'-фосфат. Циклогексиламониевая соль: $t_{пл}$ 183 ÷ 184.
Оротидин-5'-фосфат	 M 368,2 Na_3-соль · 3H_2O: M 488,2	Промежуточное соединение при биосинтезе уридиловой и цитидиловой кислот.
Оротовая кислота (урацил-6-карбоновая кислота; 6-карбоксивурацил)	 M 156,1 Гидрат (·H_2O): M 174,1	pK_a 2,4; 9,5; >13,0. Раств-сть: 0,18¹⁸ H_2O. Найдена в молоке животных. Накапливается в больших кол-вах в процессе роста мутантов <i>Neurospora</i>, для чего необходимы уридин, цитидин или урацил. Рибонуклеотид – предшественник в биосинтезе пиримидиновых нуклеотидов.
Семейство тимина		
2'-Дезокситимидин (тимидин; 3-β-D-2'-дезоксирiboфуранозилтимин; тиминдезоксирибозид)	 M 242,2	pK_a 9,8; >13.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

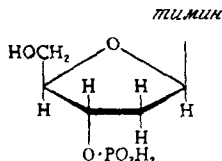
2'-Дезокситимидин-5'-трифосфат (тиминдезоксирибозо-5'-трифосфат; тимидин-5'-трифосфат; dTTP)



M 482,2

$\text{Na}_4\text{-соль} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: M 624,2

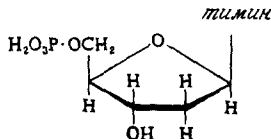
2'-Дезокситимидин-3'-фосфат (тиминдезоксирибозо-3'-фосфат; тимидин-3'-фосфат; 3'-тимидиловая кислота)



M 322,2

$(\text{NH}_4)_2\text{-соль} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: M 392,3

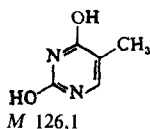
2'-Дезокситимидин-5'-фосфат (тиминдезоксирибозо-5'-фосфат; 5'-тимидиловая кислота; dTMP)



M 322,2

$\text{Na-соль} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: M 398,2

Тимин (5-метилурацил)



M 126,1

Кол-вено освобождается из ДНК фосфодиэстеразами из *Micrococcus pyogenes* и селезенки телянка [JBC 236, 864 (1961)].

pK_a 1,6; 6,5; 10,0. Получают из прогретой ДНК путем гидрол. диэстеразой *E. coli* [JBC 235, 1479 (1960)] или панкреатической ДНКазой и диэстеразой змеиного яда.

pK_a ~0; 9,9; >13,0. Раств-сть: 0,4²⁵ H_2O ; р. гор. H_2O ; м. р. EtOH ; о. п. р. эф. Помимо ДНК, найден также в небольших кол-вах в тРНК из многих источников. Выделил также рибонуклеозид [BJ 70, 642 (1958)].

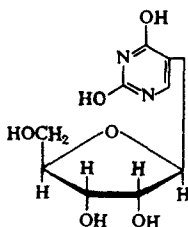
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Семейство урацила

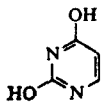
5-Рибозилурацил (псевдоуридин С; 5-β-D-рибозилурацил)



M 244,2

pK_a 9,0; > 13. Встречается в виде нуклеотида в значительных кол-вах в рибосомной и тРНК из многих источников. Хороший источник 5-рибозилуридина – моча больных лейкемией, полицитемией или подагрой. См. [PNARMВ 5, 349, 399 (1966)].

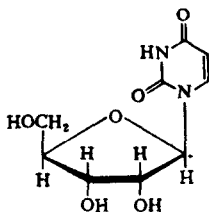
Урацил (2,4-дигидроксипиримидин)



M 112,1

pK_a ~0,5; 9,5; > 13,0. Раств-сть: 0,36²⁵ H₂O; р. щел.; о. п. р. EtOH; н. р. эф.

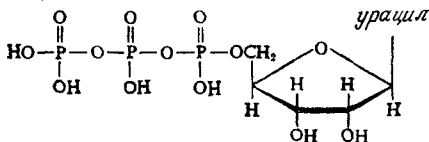
Уридин (урацилрибозид; 3-β-D-рибофуранозилурацил)



M 244,2

pK_a 9,2; 12,5. Раств-сть: р. H₂O; м. р. EtOH. Образуется из цитидина дезаминированием азотистой кисл.

Уридин-5'-трифосфат (UTP)

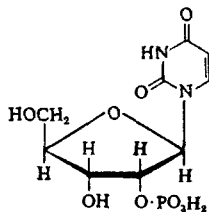


M 484,2

Na₃-соль · 2H₂O: M 586,2

pK_a ~1; 6,6; 9,6. 67% общего содержания фосфора освобождается в виде P_i за 15 мин в 0,05 M H₂SO₄ при 100 °C. 2'-Дезокси-UTP: синт. из 2'-dUMP; M 468,2; K₃-соль + 5H₂O: M 672,6.

Уридин-2'-фосфат (2'-UMP; 2'-уридиловая кислота)



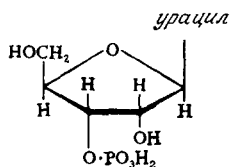
M 324,2

pK_a 1,0; 5,9; 9,4 для равновесной смеси 2' и 3'. Раств-сть: х. р. H₂O. 40,7% общего содержания фосфора освобождается в виде P_i за 30 ч при 100 °C в 0,05 M H₂SO₄. В 1 M HCl при 100 °C за 1 ч разл. 5%. Немного более щелочлабилен, чем 5'-изомер, однако уст. в 0,3 M KOH при 37 °C в течение 16 ч и выделяется из РНК вместе с 3'-изомером в этих усл.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

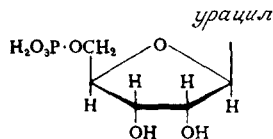
Свойства и другие данные

Уридин-3'-фосфат (3'-UMP;
3'-уридилловая кислота)

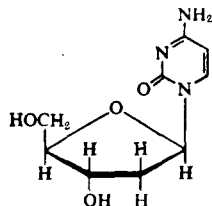
M 324,2

Li₂-соль · 2H₂O: M 372,1pK_a 1,0; 5,9; 9,4 (для равновесной смеси
2' и 3'). Раств-сть: р. Н₂О.

Гидрол. в 10%-ной Н₂SO₄ до урацила.
В 1 М НСl при 100 °С за 1 ч разл. 5%.
81% общего содержания фосфора
освобождается в виде P_i через 30 ч в
0,05 М Н₂SO₄ при 100 °С. Уст. в 0,3 М
КОН при 37 °С в течение 16 ч и в этих
усл. выделяется из РНК вместе с
2'-изомером.

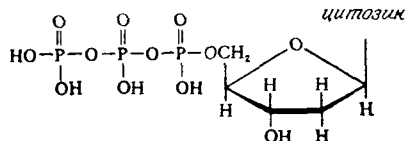
Уридин-5'-фосфат (5'-UMP;
5'-уридилловая кислота)

M 324,2

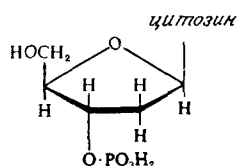
Na₂-соль · 2H₂O: M 404,2pK_a 1; 6,4; 9,4.**Семейство цитозина**2'-Дезоксицитидин (цитозиндезоксирибозид; 3-β-D-2'-
дезоксирибофуранозил-
цитозин)

M 227,2

Гидрохлорид (·HCl): M 263,7

pK_a 4,2; > 13.2'-Дезоксицитидин-5'-три-
фосфат (цитозиндезоксирибозо-5'-трифосфат; dCTP)

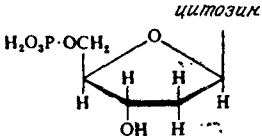
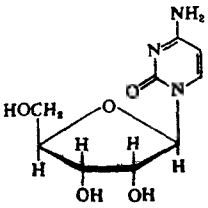
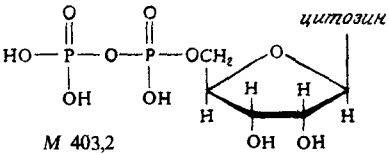
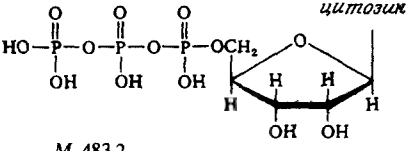
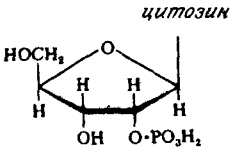
M 467,2

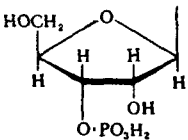
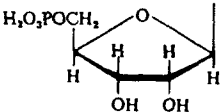
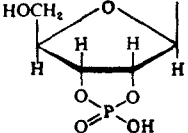
Na₄-соль · 2H₂O: M 591,22'-Дезоксицитидин-3'-фос-
фат (цитозиндезоксирибозо-3'-фосфат; 3'-дезоксирибонуклеотидная кислота)

M 307,2

(NH₄)₂-соль · H₂O: M 359,3Гидрат (·H₂O): M 325,2

Кол-венно выделяется из ДНК фосфо-
диэстеразой из *Micrococcus pyogenes* и
селезенки телят [JBC 236, 864
(1961)]. Диэстераза из *Lactobacillus*
acidophilus высвобождает 3'-фосфаты из
олигодезоксирибонуклеотидов [JBC
238, 2789 (1963)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
2'-Дезоксицитидин-5'-фосфат (цитозиндезоксирибозо-5'-фосфат; dCMP)	 M 307,2 Гидрт ($\cdot H_2O$): M 325,2	pK_a 4,6; 6,6; 13,2. Высвобождается при нагрев. из ДНК фосфодиэстеразой <i>E. coli</i> [JBC 235, 1479 (1960)] или (кол-вено) панкреатической ДНКазой с последующей обработкой диэстеразой змеиного яда.
Цитидин (цитозирибозид; 3-β-D-рибофуранозилцитозин)	 M 243,2	pK_a 4,2; ~12,3.
Цитидин-5'-дифосфат (CDP)	 M 403,2 Na_2-соль $\cdot 1,5H_2O$: M 474,2	pK_a 4,6; 6,4. 50% общего содержания фосфора освобождается в виде P_i за 15 мин при 100 °C в 0,5 М H_2SO_4.
Цитидин-5'-трифосфат (CTP)	 M 483,2 Na_2-соль $\cdot 2H_2O$: M 563,2	pK_a 4,8; 6,6.
Цитидин-2'-фосфат (2'-цитидиловая кислота; 2'-CMP)	 M 323,2 NH_4-соль $\cdot H_2O$: M 358,2	pK_a 4,3, (4,4); 6,2. В 1 М HCl при 100 °C за 1 ч только 5% разл. до нуклеозида. Некоторое дезаминирование до уридиловой кислоты наблюдается в 1 М NaOH при 37 °C за 16 ч.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Цитидин-3'-фосфат (3'-цитидиловая кислота; 3'-CMP)	<i>цитозин</i>  M 323,2 Li_2-соль $\cdot 2H_2O$: M 371,1	pK_a 4,2 (4,3); 6,0. В 1 М НСl при 100 °С за 1 ч только 5% разл. до нуклеозида. В 1 М NaOH при 37 °С за 16 ч наблюдается некоторое дезаминирование до уридиловой кисл.
Цитидин-5'-фосфат (5'-цитидиловая кислота; 5'-CMP)	<i>цитозин</i>  M 323,2 Na_2-соль $\cdot 2H_2O$: M 403,2	pK_a 4,4; 6,3.
Цитидин-2',3'-циклофосфат (2',3'-цикло-CMP; 2',3'-cCMP)	<i>цитозин</i>  M 305,2 $Ba_{0,5}$-соль $\cdot 2H_2O$: M 408,9	Получается в качестве промежуточного продукта при гидрол. РНК панкреатической рибонуклеазой и разб. щелочью. Легко превращается в 3'-фосфат панкреатической рибонуклеазой и в смесь 2'- и 3'-фосфатов разб. кисл. и щел.
Цитозин (4-амино-2-гидроксиимидин)	 M 111,1 Гидрат ($\cdot 0,5H_2O$): M 120,1	pK_a 4,4; 12,2. Раств-сть: 0,77²⁵ H_2O; м. р. EtOH; н. р. эф. Кристаллизационная H_2O удаляется при 100 °С.

5. Спектральные данные и pK_a для пуринов, пиримидинов, нуклеозидов и нуклеотидов

Используемая литература

1. 2-е изд. этой книги, разд. 7, 2. Handbook of biochemistry and molecular biology, 3d ed.; Nucleic Acids, Volume 1, G.D. Fasman (ed.), CRC Press, 1975; 3. Schwarz/Mann, Biochemical catalogue 1973/1974; 4. P-L Biochemical Inc., Catalogue, 1977.

Оригинальная литература цитируется в первом и втором источниках.

pK_a и спектральные данные. pK_a в интервале 0–2 обычно имеют первичные фосфатные группы, 3–5 – аминогруппы, а 6–7 – вторичные фосфатные группы. Енольные гидроксильные группы в зависимости от соединения титруются в интервале pH 5–14. Не всегда (не для каждого соединения) указаны pK_a всех титрующихся групп. В частности, не всегда охарактеризована диссоциация сахаров ($pK_a \sim 13$). Для некоторых соединений приведенные pK_a могут отличаться от указанных в литературе более чем на $\pm 0,1$ ед. pH, значения $\lambda_{\max}$ и $\lambda_{\min}$ – иногда более чем на ± 1 нм, значения $\epsilon_{\max}$ – более чем на $\pm 5\%$, а отношение оптических плотностей – более чем на $\pm 10\%$ [2].

Нумерация атомов в пуриновых и пиримидиновых кольцах. См. пояснения к разд. 4.

Соединение	pH	ε_{260}	$\lambda_{\max}$, нм	$\varepsilon_{\max}$	$\lambda_{\min}$, нм	$\varepsilon_{\min}$	A_{250}/A_{260}	A_{280}/A_{260}	pK_a	
									основания	фосфатной группы
Семейство аденина										
Аденин	1	13000	262,5	13200	229	2550	0,76	0,38	< 1	
	7	13300	260,5	13400	226	2550	0,76	0,13	4,1	
	12	10500	269	12300	237	3350	0,57	0,60	9,8	
N ⁶ , N ⁶ -Диметиладенин	1		277	15600	236		0,57	1,36	< 1,0	
	7		275	17800					3,9	
	13		281	17800	245		0,53	2,61	10,5	
1-Метиладенин	4		259	11700	228		0,80	0,23	7,2	
	9		270	11900	242		0,52	0,87	11,0	
	13		270	14400	239		0,55	0,85		
2-Метиладенин	1		266	12900	229	3300	0,79	0,56	~ 5,1	
	7		263	12700	226		0,89	0,16		
	13		271	10700	238	3700	0,61	0,84		
N ⁶ -Метиладенин	1		267	15300	232	2700	0,64	0,70	< 1	
	7		266	16200	231		0,55	0,55	4,2	
	13		273	15900	239	3600	0,55	1,19	10,0	
7-Метиладенин	1		273	14000	237		0,60	1,06	4,2	
	12		270	10600	231		0,70	0,80		
Аденозин	1	14300	257	14600	230	3500	0,84	0,22	3,5	
	6	14900	260	14900	227	2300	0,78	0,14	12,5	
	11	14900	259	15400	227	2300	0,79	0,15		
Аденозин-5'-дифосфат	2	14500	257	15000	230		0,85	0,21	3,9	6,1–6,7
	7	15400	259	15400	227		0,78	0,16		
	11	15400	259	15400	227		0,78	0,15		
Аденозин-5'-трифосфат	2	14300	257	14700	230	3500	0,85	0,22	4,1	6,0–7,0
	7	15400	259	15400	227	2500	0,80	0,15		
	11	15400	259	15400	227	2500	0,80	0,15		
Аденозин-2'-фосфат	2	14500	257	15000	229	3200	0,85	0,23	3,8	6,2
	7	15300	259	15400				0,15		
	12	15300	259	15400			0,80	0,15		

Соединение	pH	ε_{260}	$\lambda_{\max}$, нм	$\varepsilon_{\max}$	$\lambda_{\min}$, нм	$\varepsilon_{\min}$	A_{250}/A_{260}	A_{280}/A_{260}	pK_a	
									основания	фосфатной группы
Аденозин-3'-фосфат	1	14500	257	15100	230		0,85	0,22	3,7	5,9
	7	15300	259	15400			0,80	0,15		
	13	15300	259	15400	227		0,78	0,22		
Аденозин-5'-фосфат	2	14500	257	15000	230	3500	0,84	0,22	3,8	6,2–6,4
	7	15300	259	15400	227	2600	0,79	0,16		
	11	15300	259	15400	227	2600	0,79	0,15		
2'-Дезоксиаденозин	2		258	14500	228		0,83	0,24	3,8	
	7		260	15200	225		0,79	0,15		
	13		261	14900						
2'-Дезоксиаденозин-3'-фосфат	7		259	1500			0,79	0,14		
2'-Дезоксиаденозин-5'-фосфат	2	14700	258	15000	228	3000	0,81	0,22	4,4	6,4
	7	15300	259	15200	226	2500	0,80	0,15		
2'-Дезоксиаденозин-5'-трифосфат	2	14500	258	14800	228	3000	0,81	0,22	4,8	6,8
	7	15300	259	15400	226	2500	0,78	0,15		
	12	15400	260	15400	226	2600	0,79	0,15		
N ⁶ ,N ⁶ -Диметиладенозин	1		268	18400	234		0,60	0,94	4,5	
	7		275	18800	236		0,46	1,54		
	13		276	19200	237		0,37	1,68		
1-Метиладенозин	2		258	13700	232		0,81	0,23	8,8	
	7		258	13900	232		0,81	0,23		
	10,5		259	14600	231		0,76	0,35		
2-Метиладенозин	1		258	14000	230		0,84	0,40		
	6		264	14500	228		0,75	0,17		
	13		263	15200	230		0,75	0,17		
N ⁶ -метиладенозин	1		262	16600	231		0,66	0,41	4,0	
	7		266	15900	229		0,57	0,68		
	13		266	15900	232		0,57	0,68		

Семейство гипоксантина

Гипоксантин	0	7 400	248	10800	215	1700	1,45	0,04	2,0	
	6	7 900	249,5	10700	222	2600	1,32	0,09	8,9	
	11	11 000	259	11100	232	3800	0,84	0,12	12,1	
2'-Дезоксиинозин-5'-фосфат	7		249	12200			1,68	0,25		
2'-Дезоксиинозин-5'-трифосфат	6		269	12200			1,68	0,25		
Инозин	3	7100	248	12200	223	7100	1,68	0,25	1,2	
	6	7100	248,5	12300	223	3400	1,68	0,25	8,8	
	11	11700	253	13100	224,5	2600	1,05	0,18	12,0	
Инозин-5'-дифосфат	6		248,5	12200			1,68	0,25		
Инозин-3' (2')-фосфат	5		248		222		1,59	0,29		
Инозин-5'-фосфат	0,1	9000	251	10900						1,5 6,0
	6	7200	248,5	12200	223	3400	1,21	0,11	8,9	
	12	11500	253	12900	224	2700	1,10	0,25 0,24		
Группа гуанина										
Гуанин	1	8000	248	11400	224		1,37	0,84	3,2	
			276	7350	267	7150				
	7	7200	246	10700	225		1,42	1,04	9,6	
	11	6400	276 274	8150 8000	262 255	7050 6050				
N ² ,N ² -Диметилгуанин							0,99	1,14	12,4	
	1		256	19000	233		0,92	0,37		
	7		250	17000	229		1,20	0,62		
	12		283 282	9300 9200						
1-Метилгуанин					265		1,15	1,05		
	1		250	10200	227					
			272	7100	—		1,28	0,81	~0	
	7		248	10000	227					
	13		272 277	7900 8700	264 241		1,24 0,80	0,93 1,19	3,1 10,5	

Соединение	pH	ε_{260}	λ_{max} , нм	ε_{max}	λ_{min} , нм	ε_{min}	A_{250}	A_{260}	A_{280}	A_{290}	pK_a	
											основания	фосфатной группы
N ² -Метилгуанин	1		250	13900	228	6600						
			279	6200			1,34	0,64				
	7		249	14100	227							
			277	8300	266		1,18	0,72				
	11		244	9500								
			278	7200	263	6100						12,8
7-Метилгуанин	1		250	10600	228	4700						
			272	6900	268	7300	1,30	0,79				~ 0
	7		248	5700	235	5500						
			283	7400	261	3900	1,46	1,87				3,5
	12		280	7400	257		1,13	1,89				9,9
Гуанозин	0,7		256	12300	228		0,94	0,70				1,6
	6		253	13600	223		1,15	0,67				9,2
	11,3		256 266	11300	230		0,89	0,61				
Гуанозин-5'-дифосфат	1	11800	256	12300	228		0,95	0,67				6,3
	7	11800	253	13700	224		1,15	0,66				9,6
	11	11700	258	11700	230		0,91	0,61				
Гуанозин-5'-трифосфат	1	11800	256	12400	228		0,96	0,67				3,3
	7	11700	253	13700	223		1,17	0,66				9,3
	11	11800	257	11900	230		0,92	0,59				6,5
Гуанозин-3'-фосфат	1	11800	257	12200	228		0,93	0,69				2,3
	7	11400	252	13400	227		1,15	0,68				9,7
	10,8	11200	257	11300	230		0,92	0,64				
Гуанозин-5'-фосфат	1	11600	256	12200	228		0,96	0,67				2,4
	7	11700	252	13700	224		1,16	0,66				9,4
	11	11500	258	11600	230		0,90	0,61				6,1
2'-Дезоксигуанозин	1	11300	255	12100	232		1,00	0,69				2,5
	H ₂ O	11800	253	13000	223	2000	1,16	0,68				
	12		260	9200	230	2200	0,87	0,61				

2'-Дезоксигуанозин-5'-трифосфат	1	11700	255	12300	227	2400	1,01	0,71	3,5	6,5
	7	11900	252	13700	222	2700	1,16	0,66		
	12	11700	262	11700	230	4000	0,93	0,60		
2'-Дезоксигуанозин-3'-фосфат	7		253	13700			1,15	0,67		
2'-Дезоксигуанозин-5'-фосфат	1	11500	255	11800	227	2700	1,01	0,71	2,9	6,4
	7	11800	253	13700	222	2700	1,15	0,67		
	12	11500	262	11500	230	4000	0,91	0,62		
N ² ,N ² -Диметилгуанозин	1		265	17700	236		0,63	0,56	2,5	9,7
	7		260	18900	228		0,78	0,57		
	13		263	14300	242		0,85	0,78		
7-Метилгуанозин	3		257	10700	230				7,0	
	7		258	8500	238	5500	0,88	0,68		
	9		281	7400			0,89	1,04		
7-Метилгуанозин-5'-трифосфат			282	8000	242		0,90	1,46		
	2		257	11700	230		0,92	0,66	7,5	
	7,4		258	9800	236					
7-Метилгуанозин-5'-фосфат			280	8000	271					
	12		281	8600	243					
7-Метилгуанозин-5'-фосфат	2		257	12000	230				7,1	
	7,4		258	10300	236					
			280	8600	271					
N ² ,N ² ,7-Триметилгуанозин	8,9		282		242		0,93	1,43		
	1		266		240		0,57	0,59		
	5		295							
Семейство ксантина			266	10300	239		0,57	0,63		
	10		234		280		1,31	0,62		
			302							
Ксантин	2	8900	267	10300	242		0,77	0,15	~ 0,8	7,5
	6	8900	267	10300	239		0,57	0,61		
	10	5200	240	8900	222		1,30	1,71		
Ксантозин			277	9300	257				11,1	
	2	8700	235	8400	217					
			263	8950	248		0,75	0,28	2,5	
Ксантиозин	8	7700	248	10200	223					
			278	8900	264		1,30	1,13	7,0	
	11	7700	248	10200	222					
			278	8900	264		1,30	1,13	~ 13	

Соединение	pH	ϵ_{260}	$\lambda_{\max}$, нм	$\epsilon_{\max}$	$\lambda_{\min}$, нм	$\epsilon_{\min}$	A_{250}/A_{260}	A_{280}/A_{260}	pK_a	
									основания	фосфатной группы
Ксантозин-5'-трифосфат	10		278	8900			1,30	1,13		
Ксантозин-5'-фосфат	10		278	8900			1,30	1,13		
Семейство оротовой кислоты										
Оротидин	1		267	9800	234		0,66	0,81		
	13		266	7800	245		0,83	0,71		
Оротидин-5'-фосфат	7		266					0,66		
Оротовая кислота	1	4200	280	7500	241	900	0,54	1,82	2,4	
	7	4500	279	7700	241		0,57	1,71	9,5	
	12	3400	240	8900	222					
			286	6000	244	3400	0,80	1,71	< 13,0	
Семейство тимина										
Тимин	4	7400	264,5	7900	233	1900	0,67	0,53	9,9	
	7	7400	264,5	7900	233	1900	0,67	0,53	> 13,0	
	12	3700	291	5400	244	2200	0,65	1,31		
2'-Дезокситимидин	1	8800	267	9650	235	2200	0,65	0,70	9,8	
	7	8800	267	9700	235	2200	0,65	0,70	> 13,0	
	12	6650	267	7400	241	4600	0,74	0,65		
2'-Дезокситимидин-5'-трифосфат	2	9300	267	9600			0,63	0,71		
	7	9300	267	9600			0,65	0,73		
2'-Дезокситимидин-3'-фосфат	2							0,69		
	7		267	9500			0,65	0,71		
2'-Дезокситимидин-5'-фосфат	2	9300	267	9600	233	2300	0,63	0,71	10,0	~ 1,6
	7	9300	267	9600	234	2400	0,65	0,73		6,5
	12	7500	267	7800	243	4500	0,67	0,67		

Семейство урацила									
Урацил	4	8200	259,5	8200	227	1800	0,84	0,17	9,5
	7	8200	259,5	8200	227	1800	0,84	0,17	> 13,0
	12	4100	284	6200	241	2100	0,71	1,40	
5-Гидроксурацил	2		278	6400	244		0,56	1,63	8,0
	6		278	6400	244		0,54	1,55	
	12		239	6500					
			305	5700	270		1,65	0,83	
5-Гидроксиметилурацил	2		261	8000	231		0,77	0,32	9,4 ~ 14
	7		261	8100	231		0,77	0,33	
	12		286	7400	245		0,67	1,80	
2-Теоурацил	1,5		270	13900	241				
	7,4		268	11800	240				
	11		259	10700	243				
			307	6800	291				
Уридин	1	10000	262	10100	230		0,74	0,35	9,2 12,5
	7	10000	262	10100	230	2000	0,74	0,35	
	12	7400	262	7500	243	2000	0,83	0,29	
5-Гидроксиметил-2'-дезоксуридин	2		264	9600	233		0,70	0,51	
	7		264	9600	233		0,70	0,51	
	12		264	7000	243		0,75	0,54	
5-Гидроксиметил-2'-дезоксуридин-5'-фосфат	2		264	10200	234		0,69	0,56	
	12		264		244		0,80	0,48	
2'-Дезоксуридин	1	10100	262	10200	231	2200	0,74	0,32	9,3 > 13
	7	10100	262	10200	231	2200	0,74	0,32	
	12	7550	262	7600	242	5400	0,81	0,27	
2'-Дезоксуридин-5'-трифосфат	1		262				0,72	0,45	
2'-Дезоксуридин-5'-фосфат	2		260	9800	231				
	7		260		230				
	12		261	7600	241		0,72	0,38	
5,6-Дигидроуридин	H ₂ O		208	6600					
	13		235	10100					
Псевдоуридин (5-рибозилурацил)	2	7700	262	7800	233	2000	0,74	0,42	9,0 > 13,0
	7	7700	263	8100	233	2000	0,74	0,44	
	12	3400	286	7700	245	1700	0,62	2,06	

Соединение	pH	ε_{260}	$\lambda_{\max}$, нм	$\varepsilon_{\max}$	$\lambda_{\min}$, нм	$\varepsilon_{\min}$	A_{250}/A_{260}	A_{280}/A_{260}	pK_a	
									основания	фосфатной группы
Псевдоуридин-3'-фосфат	2	8300	263	8400	233	2300	0,75	0,40	9,6	
	7		263		233		0,74	0,40		
	12	3700	286	8400	246	2100	0,64	2,06		
5-Метилуридин	1		267	9900	235		0,67	0,74	9,7	
	7		267	9800	236		0,67	0,74		
	13		268	7500	246		0,83	0,75		
2-Тιοуридин	2		279	16400	247		0,53	1,86	8,8	
	7		218	16200						
			275	13600	247		0,62	1,57		
	12		239	21000						
4-Тιοуридин			271	13400					8,2	
	2		245	5200						
			331	17000	275					
	6,5		245	4000	225					
			331	21200	274					
	12		316	19700	268					
Уридин-5'-дифосфат	2	9900	262	10000	230		0,73	0,39	9,4	6,5
	7	9900	262	10000	230		0,73	0,39		
	11	7800	261	7900	241		0,80	0,32		
Уридин-5'-трифосфат	2	9900	262	10000	230		0,75	0,38	9,6	6,6
	7	9900	262	10000	230		0,75	0,38		
	11	8000	261	8100	239		0,81	0,31		
Уридин-2'-фосфат				9900						
	2		260	10000	230		0,8	0,28		
	7		260	7300	230		0,78	0,30		
	12		261		242		0,85	0,25		
Уридин-3'-фосфат	1	9900	262	10000	230	2000	0,76	0,32	9,4	1,0
	7	9900	262	10000	230	2000	0,73	0,35		5,9
	13	7300	261	7800	241	5400	0,83	0,28		
Уридин-5'-фосфат	2	9900	262	10000	230		0,73	0,39	9,5	6,4
	7	9900	262	10000	230		0,73	0,39		
	11	7700	261	7800	241		0,80	0,31		

Семейство цитозина									
Цитозин	1	6000	276	10000	239		0,48	1,53	4,6
	7	2600	267	6100	247		0,78	0,58	12,2
	14	2400	282	7900	251		0,60	3,28	
5-Гидроксиметилцитозин	1	4900	279	9700	241		0,45	1,97	4,3
	7	4900	269	5700	251		0,80	0,80	~ 13
	13	2400	283	7600	254		0,83	2,98	
N ⁴ -Метилцитозин	1		277	10500	240		0,50	1,66	4,5
	7		267	7200	248		0,79	0,66	12,7
	14		286	8000	256		0,96	3,27	
5-Метилцитозин	1	3600	283	9800	242		0,40	2,62	4,6
	7	4500	273	6200	252		0,80	1,21	12,4
	14	1700	289	8100	254		0,84	3,64	
Цитидин	1	6400	280	13400	242		0,45	2,10	4,2
	7	7550	229,5	8300	226		0,86	0,93	12,5
			271	9100	250				
5-Гидроксиметил-2'-дезокситидин	13		273	9200	251		0,87	1,02	
	1		283	12600	243		0,64	2,47	3,5
	7		272		247		0,97	1,17	
5-Гидроксиметил-2'-дезокситидин-5'-фосфат	13		274		252		0,97	1,17	
	1		284	12 500	245		0,44	2,68	
	7	6100	275	7 700	254		0,90	1,33	
2'-Дезоксицитидин	12	6100	275	7 700	254		0,93	1,31	
	1	6200	280	13200	241		0,42	2,15	4,3
	7	7400	271	9000	250		0,83	0,97	
2'-Дезоксицитидин-5'-трифосфат	11	7400	271	9000	250		0,83	0,97	
	2	6200	280	13100			0,44	2,14	
	7	7400	272	9100			0,82	0,98	
2'-Дезоксицитидин-3'-фосфат	2		280	13100			0,44	2,1	
	7						0,84	0,93	
2'-Дезоксицитидин-5'-фосфат	2	6300	280	13500	239	1500	0,43	2,12	4,5
	7	7400	271	9300	249	6000	0,82	0,99	13,2
	12	7400	271	9000	250	6100	0,82	0,99	6,6

Соединение	pH	ϵ_{260}	$\lambda_{\max}$, нм	$\epsilon_{\max}$	$\lambda_{\min}$, нм	$\epsilon_{\min}$	A_{250}	A_{260}	A_{280}	A_{260}	pK_a	
											основания	фосфатной группы
5-Метил-2'-дезокситидин	1	3200	287	12400	245		0,42		2,93		4,4	
	7	6000	277	8500	255		1,00		1,54		> 13,0	
	14	5300	279	8800	255		0,98		1,67			
5-Метил-2'-дезокситидин-5'-фосфат	2		287		244		0,36		3,14		4,4	
	7		278		254		0,95		1,52			
	12		278									
5-Метилцитидин	0		287	12600	245		0,33		3,59		4,3	
	7		277	8900	255		1,03		1,45		> 13	
	14		279	9000	256		1,05		1,58			
2-Тимоцитидин	0		229	17000	213		0,86		1,30			
			276	17400	250							
	7		249	22300	220		1,08		0,50			
	13		252		229		1,04		0,72			
Цитидин-5'-дифосфат	2	6200	280	12800	241		0,46		2,07		4,6	6,4
	7	7400	271	9100	249		0,83		0,98			
	11	7400	271	9100	249		0,83		0,98			
Цитидин-5'-трифосфат	2	6000	280	12800	241		0,45		2,12		4,8	6,6
	7	7400	271	9000	249		0,84		0,97			
	11	7400	271	9000	249		0,84		0,97			
Цитидин-2'-фосфат	2	6900	278	12700	240		0,48		1,80		4,4	6,2
	7	7800	272	8600	250		0,90		0,85			
	12	7800	272	8600	250		0,90		0,85			
Цитидин-3'-фосфат	2	6600	279	13000	240		0,45		2,00		4,3	6,0
	7	7600	270	9000	250		0,86		0,93			
	12	7600	272	8900	250		0,86		0,93			
Цитидин-5'-фосфат	2	6300	280	13200	241		0,44		2,09		4,5	6,3
	7	7400	271	9100	249		0,84		0,98			
	11	7400	271	9100	249		0,84		0,98			

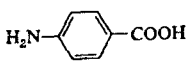
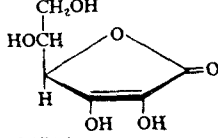
6. Витамины и коферменты

Литература (общие источники)

Sebrell W. H., Harris R. S. (eds.), The vitamins: chemistry, physiology, pathology, methods, 2nd edition, vols. 1-3 and 5-7 (vol. 4 has not been published), Academic Press (1967-72).
 Boyer P. D., Lardy H., Myrback K. (eds.), The enzymes, 2nd edition, vols. 2 and 3, Academic Press (1960).
 Morton R. A. (ed.), Fat soluble vitamins, Pergamon (1970).
 Wagner A. F., Folkers K., Vitamins and coenzymes, Interscience (1964).
 Vitamins and Hormones, Academic Press, a review serial published annually; vol. 1 (1943), vol. 40 (1983).
 Methods in enzymology, Academic Press. Статьи, посвященные витаминам и коферментам в томах: 18A (1971), 18B (1971), 18C (1971), 62 (1980), 66 (1980), 67 (1980).

Номенклатура. Правила (в том числе временные) и рекомендации по номенклатуре витаминов и коферментов опубликованы в работах:

тривиальные названия - BJ 102, 15 (1967); JBC 241, 2987 (1966);
 соединения фолиевой кислоты - BJ 102, 19 (1967); JBC 241, 2991 (1966);
 соединения витамина B₆ - BJ 137, 417 (1974); Biochem. 13, 1056 (1974);
 корриноиды - BJ 147, 1 (1975); Biochem. 13, 1555 (1974);
 токоферолы - EJB 123, 473 (1982);
 циклитолы - BJ 153, 23 (1976); EJB 57, 1 (1975);
 витамин D - EJB 124, 223 (1982);
 ретиноиды: EJB 129, 1 (1982);
 хиноны с изопrenoидными боковыми цепями - BJ 147, 15 (1975); EJB 53, 15 (1975);
 никотинамиднуклеотидные коферменты: I. U. B. Enzyme Nomenclature Recommendations (1964), Elsevier, 1965.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
<i>l</i>-Аминобензойная кислота (ПАБК)	 M 137,1	Бел. монокл. крист.; желтеет на возд. и на свету. $t_{пл}$ 187. pK_a 2,38; 4,89. Раств-сть: 0,5²⁵, х. р.¹⁰⁰ H₂O; 11 EtOH; 8 эф.; р. MeOH, CHCl₃, лед. укс. кисл., м. р. бенз.; н. р. petr. эф. Спектр в H₂O λ_{max} 266 нм, ϵ 15 000. Конкурентно противодействует сульфаниламидному бактериостазу. Легко усваивается организмом человека при приеме перорально и экскретируется в виде <i>l</i>-аминогипурата и отчасти в виде глюкуроната. Уст. в тв. состоянии и в раств.
Аскорбиновая кислота (L-аскорбиновая кислота; витамин C)	 M 176,1	Бел. крист.; резкий кислый вкус. $t_{пл}$ 192 (разл.) pK_a 4,04; 11,34. $E'_0 + 0,058$ В (1-я стадия pH 7). $[\alpha]_D^{20} + 23$ ($c = 1$ в H₂O). Раств-сть: 33,3 H₂O; 2 EtOH; н. р. эф., CHCl₃, бенз., petr. эф. Спектр: в H₂O или нейтр. раств. λ_{max} 265 нм, ϵ 7000; в кислоте λ_{max} 245 нм, ϵ 7500 [JCS 1933, 1270]. Уст. в тв. состоянии. Водн. раств. имеют pH ~ 3; действует как моноосновная кисл. Мощный восстановитель; восстанавливает жидк.

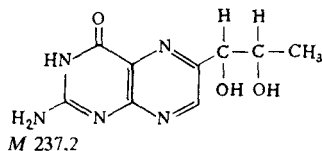
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Ацетилкофермент А (ацетилкоэнзим А; ацетил-CoA; ацетил-S-CoA)	См. Кофермент А: группа —SH замещена на —SCOCH ₃ <i>M</i> 809,6	Фелинга на хол., легко окисл. многими окислителями. Водн. раств. уст. только в отсутствие O ₂ . На возд. водн. раств. уст. при pH 5 ÷ 6; о. неуст. при щел. pH; окисл. катализуют Cu и Fe (Cu > Fe). Исполыз. как донор H в биол. системах при изучении электронного транспорта и для защиты др. легко окисляющихся в-в, напр. тетрагидроpterоилглутамата. Бел. порошок. Раств-сть: р. H ₂ O. Спектр: λ _{max} 260 нм, ε 16 400; ε ₂₃₂ 8700; Δε ₂₃₂ при гидролизе 4500. Устойчивость: см. Ацильные соединения кофермента А. Можно нагрев. без разл. до 100° С 15 мин при pH 3,5–5. Li ₃ -соль; уст.; хранить в сухом виде при 4° С; заметно не разл. 6 мес. Получ. см. [JACS 75, 2520 (1953); Meth. Enzymol. 3, 931 (1957)]. См. также Ацильные соединения кофермента А.
Ацильные соединения кофермента А (S-ацилкоэнзим А; ацил-CoA; S-ацил-CoA; S-ацилкофермент А)	См. Кофермент А: группа —SH замещена на —SCOR <i>M</i> 749,5 + <i>M</i> _{ацилирующей} RCOOH или 794,5 + <i>M</i> _R	Гигр. аморф. бел. тв. в-во. Раств-сть: р. H ₂ O, раств-сть уменьш. с увелич. длины углеродной цепи ацильной гр. Ацил-CoA-производные длинноцепочечных жирных кисл., осаждаются из водн. раств. кисл. Спектр: для большинства ацил-CoA λ _{max} ~ 260 нм, ε 16 400 (наличие аденина); а также λ _{max} 232 нм, ε ~ 9000 (наличие тиозефирной связи). При гидрол. тиозефирной связи поглощение при 232 нм уменьш. (Δε ₂₃₂ 4500). α,β-Ненасыщенный ацил-CoA: двойная связь смещает максимум поглощения тиозефирной группы к 263 нм, где он накладывается на спектр поглощения аденина при 260 нм (λ _{max} 225, ε 16 300; λ _{max} 260 нм, ε 22 600); при гидролизе тиозефирной связи Δε ₂₂₅ 8400, Δε ₂₆₃ 6700. β-Оксоацил-CoA; енолят-ион стабилизируется при pH > 8 в присутствии Mg ²⁺ и дает λ _{max} 260, ε(C ₄) 16 000; λ _{max} 303 нм ε(C ₄) 21 400; ε(C ₁₆) 9900 [Meth. Enzymol. 71, 398 (1981)]. См. также ацетилкофермент А, малонилкофермент А, сукцинилкофермент А. В виде сухого тв. в-ва можно хранить без разл. при 0° С в эксикаторе длительное время. Обычно уст. в нейтр. или умеренно кисл. раств. даже при повышенной темп.; гидрол. в сильн. кисл. (Сукцинил-CoA необычно лабилен при нейтр. pH.) Быстро гидрол. в щел. раств.; α, β-неяс. ацильные соединения более уст., чем нас., причем β-гидроксиацильные немного более лабильны. Неуст. в щел. увел. с уменьш. рK _a кисл. Кол-венно реагирует с нейтр.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

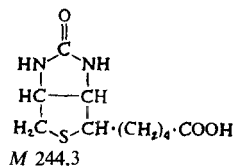
Биоптерин (2-амино-4-гидрокси-6-(*L*-эритро-1,2-дигидроксипропил) птеридин; 6-(*L*-эритро-1,2-дигидроксипропил) птерин)



NH_2OH , образуя ацилгидроксамовую кислоту. β -Оксоацильные соединения образуют изоксазолонны. Общие методы получ. см. [JACS 75, 2520 (1953); Meth. Enzymol. 3, 931 (1957); Biochem. Preps. 7, 80 (1960); Angew. Chem. 65, 186 (1953). BZ 335, 540 (1962); JBC 236, 2620 (1961)]. специальные методы получ. ацетоацетил-CoA см. [Angew. Chem. 64, 687 (1952), β -оксоацетил-CoA [Anal. Biochem. 1, 8 (1961); BBA 164, 498 (1968)]; см также малонил-CoA.

Желт. крист. $t_{\text{разл}}$ 250 ÷ 280. $[\alpha]_D^{25} - 62$ ($c = 0,2$ в 0,1 М HCl). pK_a 2,43; 7,7. Раств-сть: 0,07²⁷, 0,4⁹⁰ H_2O ; о. п. р. EtOH, эф.; р. кисл., шел. Спектр: при pH 1 λ_{max} 247 нм, (ϵ 11 700), 320 нм (ϵ 8500); при pH 13 λ_{max} 254 нм, (ϵ 24 600) 363 нм (ϵ 8000); в H_2O λ_{max} 275 нм A_{272}/A_{252} 1,9 ÷ 2,1. 7,8-Дигидробиоптерин, спектр: λ_{max} 258 и 363 нм (в 0,1 М HCl); 280 и 330 нм (pH 6,8 ÷ 13). ϵ_{330} 6200 (pH 6,8). 5, 6, 7, 8-Тетрагидробиоптерин, спектр: λ_{max} 265 нм (в 0,1 М HCl); 300 нм (pH 6,8). Природное в-во *L*-эритро-изомер. Голубая флуоресценция в шел. раств. Получ. см. [Meth. Enzymol. 18B, 670 (1971); 66, 508 (1980)]. 7,8-Дигидробиоптерин: фиолетовая флуоресценция; раств. при -20°C уст. несколько мес.; получ. см. Дигидроптеройлглутаминовая кислота, а также [Meth. Enzymol. 66, 508 (1980)]. 5, 6, 7, 8-Тетрагидробиоптерин; быстро окисл. в раств., период полупревращения при 24°C и pH 6,8 ~ 6 мин; хранить при -20°C ; получ. см. Тетрагидроптеройлглутамат, а также [JBC 242, 3934 (1967)].

Биотин (*d*-биотин; кофермент R; витамин H)



Бел. иглы. $t_{\text{пл}}$ 232 ÷ 233; $[\alpha]_D^{25} + 92$ ($c = 0,3$ в 0,1 М NaOH). Раств-сть: 0,02²⁵ H_2O ; р. гор. H_2O + разб. шел.; 0,08²⁵ 95%-ный EtOH; н. р. орг. раств-ли; Na-соль х. р. H_2O . Термостабилен в тв. состоянии. Уст. при 100°C в умеренно кисл. или нейтр. водн. раств., кисл. раств. можно стерилизовать путем нагрев.; менее уст. при pH > 9. Инактивируется в комплексе с авидином. Биоцитин (ϵ -N-биотиноил-1-лизин): крист.; р. H_2O , м. р. EtOH; полн. гидрол. в 1,5 М H_2SO_4 , 120°C , 1 ч; образует комплекс с авидином. Авидин: гликопротеин из яичного желтка; тетрамер; M 66000; х. р. H_2O ; солевые раств. уст. в широком диапазоне pH и темп. Связывает биотин (4 моль/моль субъед.); связывание прак-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Гидроксикобаламин, щелочной раствор (α -(5,6-диметилбензимидазолил)-гидроксикобамид; витамин B_{12b})

См. Цианокобаламин, где CN^- замещен на OH^-
M 1346,4

ически необратимо, за исключением предельных усл.; $K_{дис} \sim 10^{-15}$ М. Получ. см. [B.J 118, 67, 71 (1970)]; см. Обзор [Adv. Protein Chem., 29, 85 (1975)].

Гигр. темно-красные крист. $[\alpha]_{D}^{20} -19,5$ ($c = 0,5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , MeOH, EtOH; н.р. эф., ац., бенз. Спектр:

λ_{max} , нм	278	325	358	516	535
ϵ	19 100	11 400	20 600	8900	9300

В водн. раств. гидроксид- и аквакобаламин взаимопревращаемы в результате присоединения/освобождения протона; pK_a 7,5. Чрезвычайно фотолabile. Немного менее уст., чем цианокобаламин, особ. в цел. раств. Обработка цианидом при pH 10 дает дицианокобаламин (см. Цианокобаламин). Получ. см. [Biochem. Preps. 12, 121 (1968)].

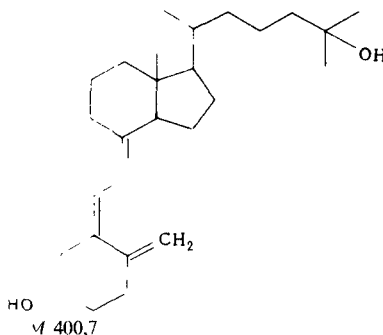
Аквакобаламин, кислый раствор (витамин B_{12} ; аквакобаламин)

См. Цианокобаламин, CN^- заменен на H_2O
M 1347,4

Спектр (кислый раств.):

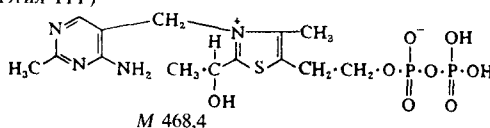
λ_{max} , нм	274	317	351	499	525
ϵ	20 600	6100	26 500	8100	8600

25-Гидроксиколекальциферол (9,10-секохolestatriен-5,7,10(19)-диол-3 β , 25; 25-гидроксивитамин D_3 ; кальцитриол)



Крист., $t_{пл} 82 \div 83$. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. MeOH, EtOH, эф., $CHCl_3$. Спектр: λ_{max} 265 нм, ϵ 18 000. Чувствителен к свету, нагрев. и O_2 . Раств. в EtOH уст. несколько нед., будучи защищен от света, в атмосфере N_2 при $0^\circ C$. Получ. см. [Meth. Enzymol. 18C, 709 (1971)].

Гидроксиэтилтиаминпирофосфат («активный ацетальдегид»; α -гидроксиэтил-2-тиаминпирофосфат; α -гидроксиэтил-ТРП)



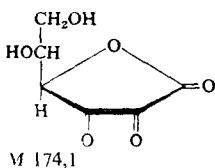
Гигр. бел. порошок. $[\alpha]_D^{23} -10$ ($c = 1,5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Спектр: при pH 1 $\div$ 3 λ_{max} 247 (ϵ 9600) и 262 нм; в PO_4^- буфере (pH 8) λ_{max} 229 (ϵ 9100) и 269 нм (ϵ 7500); λ_{min} 248 нм, ϵ 4450 (для ТРП ϵ_{248} 5900). Изобестическая точка (pH 2 $\div$ 8) 272,5 нм. Синтетическое соединение — рацемическая смесь, в которой только один изомер энзиматически активен. Сухое тв. в-во можно хранить несколько нед. при $-20^\circ C$. Раств. ср. уст. при pH 3 $\div$ 8, наиболее уст. при pH 7. Разл. в кисл. и особ. в цел. раств. Получ. см. [EJB 1, 110 (1967); Meth. Enzymol. 18A, 259 (1970); 9, 65 (1966)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

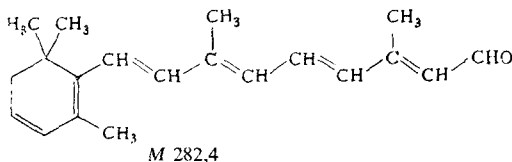
Свойства и другие данные

Дегидроаскорбиновая кислота (дегидро-L-аскорбиновая кислота; окисленная форма витамина С)



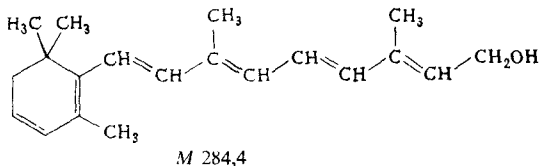
Бел. иголь; $t_{пл}$ $228 \div 233$. $[\alpha]_D^{20} +50$ ($c = 1$ в H_2O); $+56$ ($c = 1$ в буфере фталат HCl pH 3,6). Раств-сть: р. гор. H_2O , основные орг. раств-ли; н.р. нейтр. орг. раств-ли. Спектр: нет селективного поглощения в УФ-свете. Водн. раств. гораздо менее уст., чем раств. аскорбиновой кисл. Водн. раств. имеют pH, близкие к нейтр. Получ. см. [JBC 176, 529 (1948); JCS 1948, 158; ZPC 351, 52 (1970)].

3-Дегидрореtinаль, полный *транс*-изомер (ретилен; ретиноаль $_2$; 3-дегидрореtinальдегид; альдегидная форма витамина A_2 ; 3,4-дидегидрореtinаль)



Оранже. крист. $t_{пл}$ $78 \div 79$. Раств-сть: р. EtOH, $CHCl_3$, эф., циклогексан; н.р. H_2O . Спектр: в EtOH λ_{max} 401 нм, ϵ 41450; для комплекса с $SbCl_5$ в $CHCl_3$ λ_{max} 740 нм уменьш. до 705 нм; при 705 нм $A_1\%$ 3720. Неуст. на возд. и в кисл.; менее уст., чем ретиноль и 3-дегидрореtinол. Изомеризуется до *цис*-изомера под действием света.

3-Дегидрореtinол, полный *транс*-изомер (витамин A_2 ; 3,4-дидегидрореtinол)

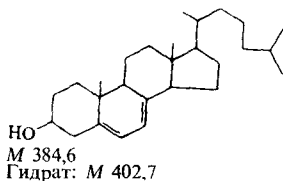


Масло. $t_{пл}$ $17 \div 19$. Раств-сть: р. EtOH, $CHCl_3$, эф., циклогексан; н.р. H_2O . Спектр: в EtOH

λ_{max} , нм	276	286	350
ϵ	15760	20300	41200

Комплекс с $SbCl_5$ в $CHCl_3$ λ_{max} 693 нм, $A_1\%$ 4100. Более чувствителен к O_2 , чем ретинол; крист. тв. в-во полн. окисл. на возд. при $0^\circ C$ за 1 ч. Чувствителен к свету и кисл.

7-Дегидрохолестерин (провитамин D_3 ; холестерин-5,7-ол-3 β ; холестерин-5,7-диен-3 β -ол)



Пластины + 1 H_2O . $t_{пл}$ $150 \div 151$. $[\alpha]_D^{20} -113,6$ ($c = 1$ в $CHCl_3$). Раств-сть: р. эф. $CHCl_3$; м.р. MeOH; н.р. H_2O . Спектр: в EtOH

λ_{max} , нм	262	271	282	293,5
ϵ	7700	11250	11900	6650

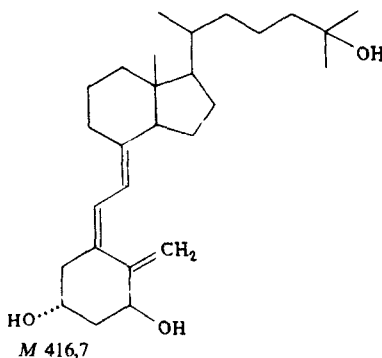
Кристаллизационная H_2O прочно удерживается. Окисл. на возд. Уст. либо в виде пасты, содержащей 17%, MeOH, либо при кристаллизации с холестерином, либо в виде 3,5-динитробензоата ($t_{пл}$ $210 \div 212$). Комплекс с дигитонином нераств. При облучении УФ-светом образует холекальциферол (витамин D_3).

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

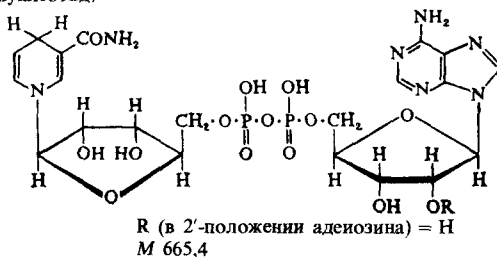
Свойства и другие данные

1 α , 25-Дигидроксихоле-
кальциферол (9,10-секо-
холестатриен-5,7,10 (19)-
триол-1 α , 3 β , 25; 1 α , 25-ди-
гидроксивитамин D₃;
кальцитриол)



Крист. $t_{пл}$ 84 ÷ 88. $[\alpha]_D^{25} +29$ (в эф.)
Раств-сть: н.р. H₂O; р. MeOH, EtOH
эф., CHCl₃. Спектр: в эфире λ_{max} 265 нм.
 ϵ 18 000; λ_{min} 229 нм, ϵ 10 100. Беречь от
света, тепла и O₂.

Дигидроникотинамида-
дениндинуклеотид
(восстановленный нико-
тинамидадениндинукле-
отид; NADH; дигидроди-
фосфопиридиннуклеотид)



Бел. аморф. порошок. Раств-сть. р.
H₂O. Спектр: при pH 7,5 λ_{max} 259
(ϵ 16 900) и 339 нм (ϵ 6220). λ_{min} 234 (ϵ
6600) и 290 нм (ϵ 1300). ϵ_{366} 3300, ϵ_{339}
немного уменьш. с увел. темп. и состав-
ляет 6110 при 35 °С. Эффект более за-
метен при 366 нм. Тв. в-во уст. при
хранении в сухом защищенном от све-
та месте при 0–4 °С. В тв. в-ве под
действием влажного возд. или CO₂, и в
раств. в момент замораживания и от-
таивания или при стоянии при 25 °С и
более медл. при 4 °С образуются инги-
биторы лактат- и др. дегидрогеназ.
Раств. в 50 мМ трисе (pH 7,4) уст. 1 нед
при 4 °С, 1 мес. при –20 °С; раств. в
фосфатном буфере гораздо менее уст.,
особ. при замораживании. Уст. в щел.
раств., 0,1 М NaOH при 100 °С не ока-
зывает никакого действия в течение
10 мин. Разрушается при pH ≤ 4 и в
комн. т. Устойчивость см. [Scand. J.
Clin. Lab. Invest. 33, Suppl. 139 (1974)].
Оч. см. [Meth. Enzymol. 66, 11 (1980)];
очищенный NADH более уст. как в тв.
состоянии, так и в раств.
Раств-сть: р. H₂O.

Na₂-соль

Na₂ (NADH)
 M 709,4

Дигидроиникотинамидаде-
индинуклеотидфосфат
(восстановленный нико-
тинамидадениндинуклео-
тидфосфат; NADPH; ди-
гидротрифосфопириди-
ннуклеотид)

См. Дигидроникотинамидаденинди-
нуклеотид

 M 745,4

Раств-сть: р. H₂O. Спектр: при pH 7,5
 λ_{max} 259 (ϵ 16 900) и 339 нм (ϵ 6200),
 λ_{min} 236 (ϵ 7600) и 290 нм (ϵ 1400),
 ϵ_{366} 3300. Хранить в тв. состоянии при
0–4 °С в темноте и в эксикаторе. Уст. в
раств. качественно такая же, как и у
NADH, напр уст. в щел., медл. разл
при нейтр. pH, о. неуст. в кисл., но
степень разл. NADPH немного боль-
ше, чем у NADH. См. [JBC 236, 2756
(1961)].

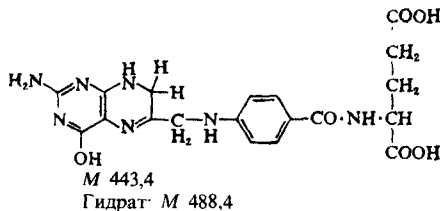
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

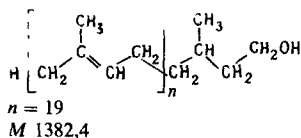
 Na_4 -соль $\text{Na}_4(\text{NADPH})$
 M 833,4Бел. аморф. порошок, Раств-сть: р. H_2O .

Дигидроптероилглутаминовая кислота (7,8-дигидроптероилглутаминовая кислота; дигидрофолиевая кислота; ДГФК)



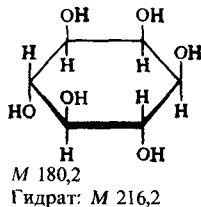
Бел. иголы + $2\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, если высушена над P_2O_5 при 25°C ; желтеет при хранении. Раств-сть: р. H_2O ; н. р. H_2O при $\text{pH} < 4$. Спектр: при $\text{pH} 7$ λ_{max} 282 нм, ϵ 28400 (имеются также сообщения, что ϵ 19 000 ÷ 22 000); при $\text{pH} 1$ λ_{max} 282 нм, ϵ 19 900; при $\text{pH} 13$ λ_{max} 284 нм, ϵ 27 000. Медл. окисл. на возд., особ. при щел. рН. За ночь при комн. т. при $\text{pH} 6$ разл. ~ 50%. Добавление меркаптоэтанола или аскорбата защищает от окисл., напр. за 10 ч. при 0°C в трисе ($\text{pH} 7,3$) + 0,3 М меркаптоэтанол разл. 2,3%. Можно хранить в тв. виде в запаянных ампулах в отсутствие O_2 или в замороженном виде в деаэрированной H_2O , а также в виде замороженной суспензии в разб. HCl (напр., 0,005 М HCl + 0,05 М меркаптоэтанол). Суспензия в 0,005 М HCl уст. несколько сут. при $0-4^\circ\text{C}$. Получ. см. [Nature Lond. **188**, 231 (1960); Meth. Enzymol. **6**, 801 (1963); **18B**, 76 (1971); **66**, 517 (1980)].

Долихол



$n = 9$: бесцв. вязкая жидк. $t_{\text{пл}}$ -10. Раств-сть: р. эф., петр. эф.; м. р. EtOH ; н. р. H_2O . Спектр: *n*-фенилазобензоата: λ_{max} 324 нм, $A_1^1\%$ 171,4; *n*-нитробензоата λ_{max} 256 нм, $A_1^1\%$ 195. Долихолы - семейство существующих в природе полипрениолов с указанной структурой из 14-22 изопреновых остатков ($n = 13 \div 21$). Долихолы позвоночных содержат гл. обр. 18-20 изопреновых остатков, а дрожжей - 15-16 остатков.

Инозит (мезоинозит; миоинозит; мезо-инозит; мио-инозит)



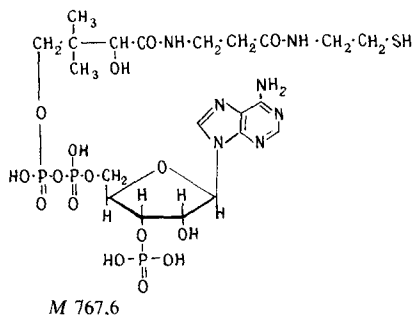
Бел. крист. + $2\text{H}_2\text{O}$, выветр.; сладкий вкус; гидрат становится безводн. при 100°C . $t_{\text{пл}}$ гидрат 218, безводн. 225 - 227. Оптически неактивен. Раств-сть: $14^{25} \text{H}_2\text{O}$; м. р. EtOH ; н. р. др. орг. раств-ли. Водн. раств. имеют нейтр. р-цию. Уст. к кисл., щел. и нагрев. Гексаацетат: $t_{\text{пл}}$ 216.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

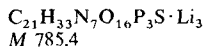
Свойства и другие данные

Кофермент А (CoA;
CoA · SH)



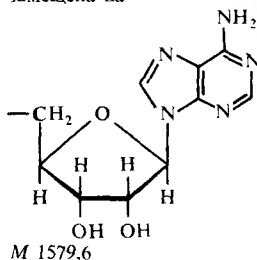
Бел. гигр. порошок; запах меркаптанов. pK_a 4,0 (NH_2 аденина); 6,4 (PO_4); 9,6 (SH). Раств-сть: р. H_2O ; н. р. ал., эф. EtOH. Спектр: при pH 2,5 ÷ 11,0 λ_{max} 259,5 нм, ϵ 16 800. Хранить в сухом виде при $-20^\circ C$; свободная кисл. может разл. на $\sim 5\%$ за 6 мес. Li-соль заметного разл. не наблюдается. Очищенное в-во может содержать некоторые смешанные дисульфиды, особ. с глутатионом. Раств. неуст. при pH > 7. за 24 ч при pH 8 и $25^\circ C$ теряется 31% активности. Отн. уст. при pH 2 ÷ 6; хранить замороженными. Легко окисл. возд. до неактивного дисульфида; тиольная гр. может быть регенерирована добавлением избытка тиолсодержащих соединений.

Li₃-соль



Кофермент B₁₂ (5'-дезоксиаденозилкобаламин; аденозилкобаламин; α -(5,6-диметилбензимидазол-лил)кобамидный кофермент; α -(5,6-диметилбензимидазол)-5'-дезоксиаденозилкобамид)

См. Цианокобаламин, где CN-группа замещена на



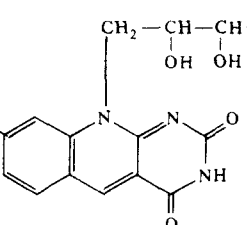
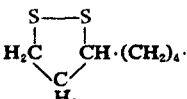
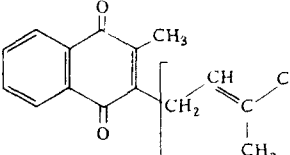
Плоские алмазоподобные жел.-оранж. крист., на возд. темно-красные; крист. из H_2O или водн. ал. содержит 8 ÷ 9% H_2O . Раств-сть: 2,6²⁴ H_2O ; р. EtOH, фенол; н. р. ал., эф., диоксан. Спектр: в 0,1 M HCl:

λ_{max} , нм	266	287	306	380	458
ϵ	41 100	23 900	22 200	8800	9400

при pH 7

λ_{max} , нм	262	290	318	341	376	527
ϵ	35 100	18 200	13 000	12 800	11 000	8000

Сухие крист. уст. при $0^\circ C$ в темноте несколько мес.; медл. разл. на свету при комн. т. Водн. раств. быстро разл. под действием УФ-или видимого света. В темноте раств. наиболее уст. при pH 6-7; разб. водн. раств. уст. несколько мес. при $-10^\circ C$. Нейтр. раств. красный, кислый раств. желтый. pK_a 3,5. Нагрев. в кисл. или щел. раств. вызывает медл. инактивацию. Реагирует с цианидом щел. металла, давая диниацинокобаламин. Получ. см. [Biochem. Preps. 10, 27 (1963); 12, 124 (1968); Meth. Enzymol. 18C, 57 (1971)].

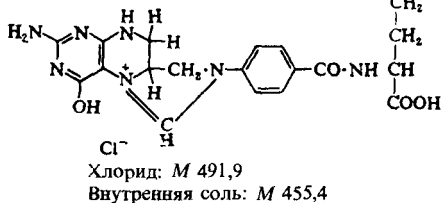
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Кофермент F ₄₂₀	 $\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{O}-\underset{\text{O}}{\overset{\text{OH}}{\text{P}}}=\text{O}$ $\text{HC}\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ $\text{CO}-\text{NH}-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$ $M \ 817,6$	Желт. окраска. pK_a 1,7; 6,3; 12,2. $E_0' = -0,373$ В. Раств-сть: р. H ₂ O Спектр при pH 4,5 $\lambda_{\max}, \text{нм}$ 235 250 267 395 ϵ 41 500 24 500 25 400 27 400 при pH 8,9 $\lambda_{\max}, \text{нм}$ 247 267 295 420 ϵ 37 000 25 800 12 600 45 500 Восстановленное соединение при pH 5,7 $\lambda_{\max}$ 322 нм, ϵ 10500; при pH 8,8 $\lambda_{\max}$ 258 (ϵ 10 800) 320 нм (ϵ 14 500). Окисл форма дает ярко-зел. флуоресценцию. Флуоресценция и поглощение в видимой области спектра исчезают при восстановлении, напр. обработка NaBH ₄ или дитионитом при pH 7,3. Фотолабилен в аэробных усл., но не в строго анаэробных усл., в нейтр. или щел. раств. Получ. см. [Biochem. 17, 4583 (1978)].
Кофермент М (2-меркаптоэтансульфоновая кислота; HS-CoM)	HSCH ₂ CH ₂ SO ₃ H $M \ 142,2$	Вязкое масло. Соли: крист. Раств-сть: р. H ₂ O. Окисл. на возд. до дисульфида ($\lambda_{\max}$ 245 нм, ϵ 380). Сильная кисл. Получ. см. [JBC 249, 4879 (1974); Meth Enzymol. 67, 545 (1980)]
Липовая кислота (α-(+)-липовая кислота; тиоктовая кислота; 6,8-дитиооктановая кислота; 1,2-дитиолан-3-пентановая кислота)	 $M \ 206,3$	Светло-желт. пластинки; $t_{пл}$ 47,5. pK_a 4,76. $[\alpha]_D^{25} + 104$ ($c = 1,88$ в бенз.); $E_0' = -0,325$ В (pH 7, 25 °C). DL $t_{пл}$ 61. Раств-сть: н.р. H ₂ O; х.р. бенз., EtOH, MeOH; м.р. петр. эф. Спектр: в MeOH $\lambda_{\max}$ 333 нм, ϵ 150. Восстанавливается борогидридом до дигидролиповой кисл. $[\alpha]_D^{20} = -14,5$ ($c = 0,6$ в бенз.) [Meth. Enzymol. 3, 944 (1957)]. См обзоры (Vitams Horm. 20, 1 (1962); Adv Enzymol. 32, 423 (1969)).
Малонилкофермент А (малонил-CoA; малонил-S-CoA)	См. Кофермент А, SH-группа замещена на —S—COCH ₂ COOH $M \ 853,6$	Раств-сть: р. H ₂ O. Спектр: см: Ацильные соединения кофермента А. При гидролизе ΔE ₂₃₆ 4900 (в 0,1 M PO ₄ -буфере, pH 7). Общие методы получения неприменимы к малонил-CoA [JBC 235, 346 (1960)]. Получ. см. JACS 82, 2972 (1962); BZ 335, 540 (1962)]. Уст.: см. Ацильные соединения CoA.
Менахинон (n = 6: менахинон-6; МК-6; витамин K ₂ (30); n = 7: менахинон-7; МК-7; витамин K ₂ (35))	 $MK-6: M \ 580,9$ $MK-7: M \ 649,0$	МК-6: желт. крист., $t_{пл}$ 50. МК-7: светло-желт. крист. пластинки, $t_{пл}$ 54. Раств-сть: Немного менее раств., чем филлохинон в тех же раств.; м.р. EtOH; р. ад., бенз., эф., гексан, легкая фракция нефти; н.р. H ₂ O. Спектр в петр. эф. $\lambda_{\max}, \text{нм}$ 243 248 261 270 325 328 ϵ 17 850 18 870 17 050 17 150 3100

Соединение (синонимы)

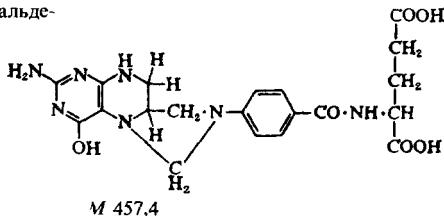
Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

5,10-Метенилтетрагидроптеройлглутаминовая кислота («активный формилат»; 5,10-метилиндитетрагидрофолиевая кислота; N⁵,N¹⁰-ангидроформилтетрагидрофолиевая кислота; ангидролейковрин)



5,10-Метилентетрагидроптеройлглутаминовая кислота (5,10-метилентетрагидрофолиевая кислота; «активный формальдегид»)



в EtOH

$\lambda_{\max}$, нм	242	248	260	269	325
ϵ	17930	18940	17280	17440	3080

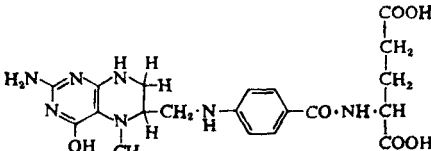
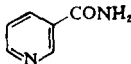
Хинол (восстановленная форма) (в EtOH): $\lambda_{\max}$ 245 и 325 нм; ϵ_{245} увел. при восстановлении. МК-6 и МК-7 основные природные менахины с активностью витамина K, но в разных организмах найдены также менахины с $n = 1 \div 13$. Уст., как у филлохинона (витамин K₁). Чрезвычайно чувствителен к свету. См. обзор [Meth. Enzymol. 18C, 407 (1971)].

Несколько крист. форм [JACS 74, 3252 (1952)]. Хлорид: $t_{\text{пл}}$ 250 $\div$ 257 (разл.). $[\alpha]_D^{25}$ ($\pm$) -36; (+) +68 (в 1 M HCl 1 M меркаптоэтанол). Раств-сть: р. H₂O. Спектр: в 0,1 M HCl $\lambda_{\max}$ 286 (ϵ 12 100) и 350 нм (ϵ 24 900), $A_{348}/A_{305} = 2,45$;

pH	3	2	1 M HCl	
$\lambda_{\max}$, nm	360	352	286	345
ϵ	25 100	25 000	12 400	26 000

Тв. в-во и его кисл. раств. уст. на возд. При pH > 7 образует 10-формилтетрагидроптеройлглутаминовую кисл.; при pH 7 скорость превращения зависит от применяемого буфера: малеат (период полупревращения 40 мин) < трис (9,4 мин) < PO₄ (6 мин) < пиррофосфат (4,8 мин). Природный изомер правовращающий. Получ. см. ($\pm$) [Meth. Enzymol. 6, 806, 814 (1963); Anal. Biochem. 22, 166 (1968); 103, 255 (1980)]; (+) [BBA 148, 622 (1967)].

В тв. виде не выд. $[\alpha]_D^{23}$ (+) +165 (pH 8). Раств-сть: р. H₂O. Спектр: при pH 7,0: $\lambda_{\max}$ 294 нм ϵ 32 000 (сообщается также 25 000); ϵ_{340} 1010. Быстро образуется при смешивании избытка HCHO и тетрагидроптеройлглутаминовой кисл. в мягких щел. усл. (pH 7,5 $\div$ 9,5). Уст. несколько сут. на возд. при pH 9,5 на хол. При нейтр. или кисл. pH распадается на HCHO и тетрагидроптеройлглутаминовую кисл.; при pH 7 полн. разл. за 15 мин. Уст. в присутствии избытка HCHO и меркаптоэтанола или аскорбиновой кисл. Константа ассоциации (HCHO + тетрагидроптеройлглутаминовая кисл.) при 22°C: $1,3 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1}$ (pH 4,3) и $2,1 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1}$ (pH 7,2). Эпизиматически активная форма -(+)-L-соединение. Получ. см.

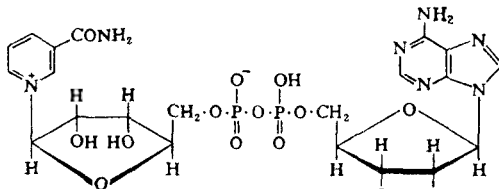
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные																								
Метилкобаламин (метил- B_{12} ; α -(5,6-диметилбензи-мидазоллил) метилкобамид)	См. Цианокобаламин, где CN-группа замещена на CH_3 M 1344,4	[Meth. Enzymol. 6, 806 (1963); 66, 439 (1980); BJ 74, 71 (1960); JBC 241, 5851 (1966)]. Темно-красные иглы. Раств-сть: р. H_2O ; н. р. ал., эф., $CHCl_3$. Спектр: в 0,1 М HCl <table><tr><td>λ_{max}, нм</td><td>265</td><td>284</td><td>304</td><td>380</td><td>458</td></tr><tr><td>ϵ</td><td>40 400</td><td>22 600</td><td>21 600</td><td>8000</td><td>9200</td></tr></table> при pH 7,0 <table><tr><td>λ_{max}, нм</td><td>264</td><td>314</td><td>340</td><td>374</td><td>520</td></tr><tr><td>ϵ</td><td>18 200</td><td>12 100</td><td>12 800</td><td>10 700</td><td>8600</td></tr></table>	λ_{max} , нм	265	284	304	380	458	ϵ	40 400	22 600	21 600	8000	9200	λ_{max} , нм	264	314	340	374	520	ϵ	18 200	12 100	12 800	10 700	8600
λ_{max} , нм	265	284	304	380	458																					
ϵ	40 400	22 600	21 600	8000	9200																					
λ_{max} , нм	264	314	340	374	520																					
ϵ	18 200	12 100	12 800	10 700	8600																					
5-Метилтетрагидроптерилглутаминовая кислота (5-метилтетрагидрофолат)	 M 459,5 Дигидрат: M 495,5 Гидрат Ва-соли: M 666,9	Бел. крист. + 2 H_2O . Ва-соль: крист. + 4 H_2O . Раств-сть: р. H_2O . Спектр: при pH 7,0 λ_{max} 290 нм, ϵ 31 700; $A_{290}/A_{245} = 3,8$; в 0,1 М HCl λ_{max} 270 (ϵ 21 000) и 294 нм (ϵ 20 000). Медл. разл. на возд. при комн. т., образуя 5-метилдигидроптерилглутаминовую кислоту (λ_{max} 249 и 290 нм). Разл. ускоряется ионами тяжелых металлов. В тв. виде в безводн. усл. и в темноте уст. ≥ 5 лет при $-80^\circ C$ и 6 мес. при $4^\circ C$. Ва-соль: в сухом состоянии уст. неопределенно долго при $-20^\circ C$. Природный изомер-(+)-L. Получ. ($\pm$) [BJ 105, 633 (1967); Anal. Biochem. 34, 376 (1970); ABB 120, 712 (1967)]; (+) [Anal. Biochem. 43, 162 (1971); 83, 615 (1977)].																								
Никотинамид (амид никотиновой кислоты; ниацинамид)	 M 122,1	Бел. иглы; $t_{пл}$ 128 $\div$ 131. Перекр. из бенз. pK_a 3,4 (пиридиний-ион). Раств-сть: 100 H_2O ; 66 EtOH; р. ал., $CHCl_3$; м. р. бенз., эф. Спектр: в H_2O λ_{max} 261,5 нм, ϵ варьирует в зависимости от pH [J. Phys. Colloid Chem. 55, 173 (1951)]. Уст. в виде сухого тв. в-ва $< 50^\circ C$. В нейтр. водн. раств. может быть автоклавирован при $120^\circ C$ в течение 20 мин, но гидрол. до никотиновой кисл. в кисл. и щел. раств.																								

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Никотинамидаденидин-
нуклеотид (дифосфопири-
диннуклеотид; кофермент
I; NAD; NAD⁺; НАД;
НАД⁺)



В 2'-положении аденозина R = H

M 663,4

Гидрат (+ 4H₂O): M 735,5

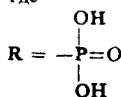
Li-соль

LiH(NAD)·2H₂O

M 705,4

Никотинамидаденидин-
нуклеотидфосфат (три-
фосфопиридиннуклеотид;
кофермент II; NADP;
NADP⁺; НАДФ; НАДФ⁺)

См. Никотинамидаденидиннуклеотид,
где



M 743,4

Na-соль

Na₂H(NADP)

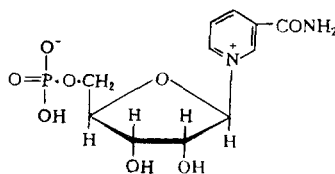
M 787,4

K-соль

KH₂(NADP)·2H₂O

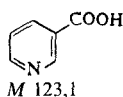
M 817,4

Никотинамидмононукле-
отид (никотинамидрибо-
тид)



M 334,2

Никотиновая кислота
(ниацин; пиридин-3-кар-
боновая кислота; витамин
PP)



M 123,1

Бел. порошок; о. гигр. Содержание во-
ды зависит от усл. высушивания и хра-
нения. $[\alpha]_D^{23} - 34,8$ ($c = 1$ в H₂O). $E'_{0-0,318}$ В (рН 7, 30 °С). Раств-сть: х. р.
H₂O; н.р. эф. Спектр: при рН 7 $\lambda_{\max}$
260 нм (ϵ 18 000) и $\lambda_{\min}$ 230 нм (ϵ 8000);
цианидный аддукт при рН 10 $\lambda_{\max}$
327 нм, ϵ 5900. Тв. в-во уст. в эксикато-
ре при 0 °С или комн. т. Нейтр. или
слабокисл. (рН 3–7) раств. уст. при
0 °С ≥ 2 нед. Раств. быстро разл. при
нагрев. О. лабилен в щел. раств., разл.
ускоряется в присутствии фосфата, ма-
леата и карбоната. Уст. см. [JBC 236,
2756 (1961)]. Разрушается под действи-
ем УФ-света. Ферментативную актив-
ность имеет только β -форма.

Крист.

Бел. порошок; о. гигр. pK_a 3,9; 6,1. $E'_{0-0,317}$ В (рН 7, 30 °С). Раств-сть: р.
H₂O; о. п. р. EtOH; н.р. эф. Спектр: при
рН 7 $\lambda_{\max}$ 260 нм. (ϵ 18 000) и $\lambda_{\min}$
231 нм (ϵ 8100); цианидный аддукт при
рН 10 $\lambda_{\max}$ 327 нм, ϵ 5900. Тв. в-во уст.
над осушителем при 0 °С или при комн.
т. Раств. свободной кисл. уст. на хол.
многие нед. По уст. в целом аналогич-
ен никотинамидаденидиннуклеотиду,
но менее уст. в сильной кисл. или разб.
щел. См. [JBC 236, 2756 (1961)].

Крист.

$[\alpha]_D - 38,3$ ($c = 1$ в H₂O). Раств-сть:
р. H₂O; н.р. ал. Спектр: при рН 7,0
 $\lambda_{\max}$ 266 нм (ϵ 4600) и $\lambda_{\min}$ 249 нм
(ϵ 3600); цианидный аддукт $\lambda_{\max}$ 325 нм,
 ϵ 6200. В р-ции с цианидом напоминает
NAD. Хранить в замороженном раств.,
но не в тв. состоянии. Получ. см.
[Meth. Enzymol. 3, 900 (1957); 66, 62, 71
(1980); FEBS Lett. 15, 277 (1971)].

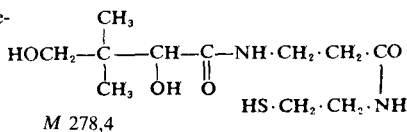
Бел. иглы. Плавится 236 ÷ 237, затем
субл. pK_a 4,76. Раств-сть: 1,7²⁰ H₂O;
х. р. H₂O при 100 °С; р. EtOH, щел.;
м.р. бенз. эф. Спектр: в H₂O $\lambda_{\max}$
261,5 нм, ϵ варьирует в зависимости от
рН [J. Phys. Colloid Chem. 53, 414
(1949)]. О. уст. на возд. В тв. виде
негигр. Водн. раств. уст. к автоклави-
рованию при 120 °С в течение 20 мин.
Уст. в кисл. и щел. раств.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

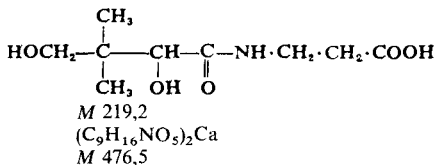
Свойства и другие данные

Пантотеин (N-(пантотенил)-β-аминоэтантол)



Гигр. масло или смола $[\alpha]_D^{20} +12,9$ ($c = 4,5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , EtOH, эф. Легко окисл. до дисульфида (пантетиин): $[\alpha]_D^{27} +13,5$ ($c = 3,75$ в H_2O); р. H_2O ; м.р. EtOH; н.р. эф., ац.). Хранить в виде пантетиина и регенерировать пантотеин восстановлением Na_2S или цистеином. S-Бензоилпантотеин: крист.; $t_{\text{пл}} 116$; $[\alpha]_D^{27} +31$ (в H_2O); р. H_2O ; выраженная стимулирующая рост активность; уст. в нейтр. водн. растворе, но быстро гидрол. в щел. до пантетиина и бензоата.

Пантотеновая кислота (D(+) -N-(α,γ-Дигидрокси-β,β-диметилбутирил)-β-аланин)

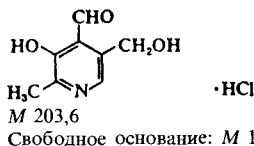


Гигр. вязкое масло. $[\alpha]_D^{25} +37,5$ (в H_2O); pK_a 4,4. Раств-сть: х.р. H_2O , EtOH, лед. укс. кисл.; р. эф., ац.; н.р. бенз., CHCl_3 . Уст. в нейтр. раств. Быстро разл. кисл., щел. или при нагрев.

Са-соль

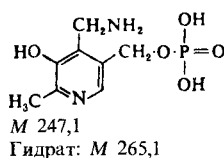
Бел. крист., умеренно гигр. $t_{\text{пл}} 196$ (разл.). $[\alpha]_D^{25} +28,2$ ($c = 5$ в H_2O). Раств-сть: 14,5 H_2O ; м.р. EtOH, ац. Достаточно уст. на свету и на возд. В раств. наиболее уст. при pH 5 ÷ 7, неуст. при автоклавировании.

Пиридоксальгидрохлорид



Бел. ромб. крист. $t_{\text{пл}} 165$ (разл.). pK_a 4,23 (фенольный OH); 8,70 (пиридиновый Н), 13,0. Раств-сть: 50 H_2O ; 1,7 95%-ный EtOH. Спектр: при pH 7,0 λ_{max} 252 и 318 нм (ϵ 8200); в 0,1 M NaOH λ_{max} 300 (ϵ 5800) и 393 нм (ϵ 1700) [JACS 76, 169 (1954)]. Фототабилен в раств. при нейтр. и особ. щел. pH. Тв. в-во и его кисл. раств. ср. фотостабильны. Нейтр. и кисл. раств. (H_2SO_4 или $\text{HCl} \leq 2,5$ моль/л) уст. при нагрев., некоторая деструкция наблюдается в гор. сильн. щел. Образует основания Шиффа с аминами.

Пиридоксальфосфат (пиридоксаль-5'-фосфат; ко-декарбоксилаза)



Иглы + 1 H_2O . $pK_a < 2,5$ (PO_4); 4,14 фенольный OH); 6,20 (PO_4); 8,69 (пиридиновый Н). Раств-сть: р. H_2O ; м.р. MeOH; о.п.р. EtOH; н.р. CHCl_3 , ац., бенз. Спектр [JACS 76, 169 (1954)]:

	в 0,05 M PO_4 , pH 7,0	в 0,1 M NaOH
λ_{max} , нм	330	388
ϵ	2500	4900
		305
		388
		1100
		6550

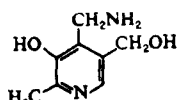
Уст. в водн. раств. в темноте на хол., 2 3% разл. за 3 нед при 0°C, лишь немного больше разл. при комн. т. даже в 1 M HCl или NaOH. Гидрол. при автоклавировании при 126°C в 0,027 M H_2SO_4

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Пиридоксаминдигидрохлорид



$\cdot 2\text{HCl}$

M 241,1
Свободное основание:
 M 168,2

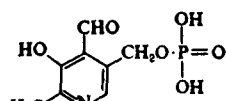
за 3 ч. Фотолабилен в тв. состоянии и в раств., особ. при щел. pH. Образует основания Шиффа с аминами. Нормальная коферментная форма витамина B₆.

Бел. распл. пластинки. $t_{пл}$ 226 ÷ 227 (разл.) pK_a 3,54; 8,21; 10,63 (NH₂). Раств-сть: 50 H₂O; 0,65 95%-ный EtOH. Спектр [JACS 76, 169 (1954)]:

	при pH 7,0	0,1 M NaOH
λ_{max} , нм	253	325
ϵ	4600	7700
		245
		5900
		7300

Фотолабилен в раств., особ. при щел. pH. Нейтр., кисл. и щел. раств. уст. к нагрев.

Пиридоксаминфосфат
(пиридоксамин-5'-фосфат)



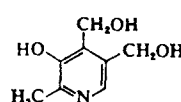
M 248,2
Гидрат: M 284,2

Бел. призм. крист. + 2H₂O. Безводн. гигр. иглы pK_a < 2,5 (PO₄) 3,69 (фенольный OH), 5,76 (PO₄); 8,61 (пиридиниевый H); 10,92 (NH₂). Раств-сть: р. H₂O. Спектр [JACS 76, 169 (1954)]:

	при pH 7,2	при pH 10
λ_{max} , нм	254	327
ϵ	5200	9400
		244
		312
		7500
		8300

Водн. раств. уст. в темноте. Незначит. гидрол. через 3 нед. в темноте при комн. т. и ниже в 1 M NaOH или HCl. Полн. гидрол. при автоклавировании при 126 °C в 0,027 M H₂SO₄ за 3 ч. Фотолабилен в раств., особ. при щел. pH.

Пиридоксиндигидрохлорид
(витамин B₆ · HCl; пиридоксин · HCl)



$\cdot \text{HCl}$

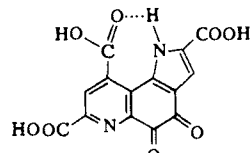
M 205,7
Свободное основание:
 M 169,2

Бел. пластинки. $t_{пл}$ 205 ÷ 212 (разл.) pK_a 4,94; 8,89. Раств-сть: 22 H₂O; 1,1 EtOH; м. р. ац.; н. р. эф. Спектр [JACS 76, 169 (1954)]:

	при pH 6,8	в 0,1 M NaOH
λ_{max} , нм	254	324
ϵ	3700	7100
		245
		308
		6500
		7000

Крист. уст. на свету, но нейтр. и особ. щел. раств. в определенной степени фотоллабильны. Стерилизуют автоклавированием в раств. с pH ≤ 5.

Пирролохинолиноксидин
(2,7,9-трикарбокси-1H-пирроло[2,3-f]хинолин-4,5-дион; метоксатин)



M 330,2

Темно-красное тв. в-во. pK_a ~2,5. E'_{0} +0,090 В (pH 7,0). Раств-сть: р. H₂O; м. р. MeOH; н. р. EtOH, эф., ац., CHCl₃. Спектр: в 0,05 M K-PO₄-буфере (pH 7) λ_{max} 249, 275 (плечо), 330 нм, ϵ_{249} 18 400. Изобестические точки pH 5-9:

λ , нм	233	259	322
ϵ	14 400	16 040	8960

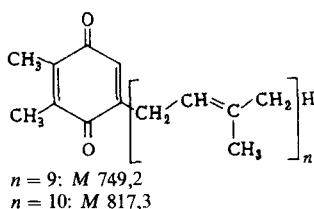
Флуоресценция (pH 7): max возбуждения A 225 и 365 нм, max испускания F 470 нм. На интенсивность поглощения и флуоресценции влияет темп. [EJB 125, 69 (1982)]. Простетическая группа

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

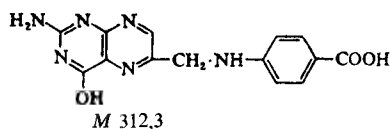
Пластохинон (пластохинон-*n*; PQ-*n*; пластохинон-5*n*; напр., для *n* = 9: пластохинон-9; пластохинон-45; пластохинон А)



метанол-, глюкозо- и др. дегидрогеназ в бактериях. Образует флуоресцирующие аддукты по С-5: с H_2O , $MeOH$, альдегидами, NH_3 , аминами. Восстановление фенилгидразином в 2 М HCl , H_2 + PtO_2 при pH 7 или меркаптоэтанолам при pH 9 дает 4,5-хинол, меркаптоэтанолам при pH 13 — семихинон, $NaBH_4$ 4,5-дигидрохинол. Получ., выделение см. [BJ 187, 221 (1980)]; синт. см. [JACS 103, 5599 (1981)]. Опр. см. [Anal. Biochem. 133, 239 (1983)]. Семихинон: уст. при pH 13; λ_{max} 458 нм при pH 13. Хинол: отн. уст. к аутоокислению при низких pH, быстро окисл. при нейтр. или щел. pH; λ_{max} 302 нм, ϵ 25 050 при pH 7; не флуоресцирует; получ. см. [EJB 118, 395 (1981)]. См. обзор [TIBS 6, 278 (1981)].

Желт. крист. $t_{пл}$ для *n* = 9 $48 \div 49$, *n* = 10 $50 \div 51$. Раств-сть: р. $EtOH$, эф., петр. эф., н.р. H_2O . Спектр: в $EtOH$ λ_{max} 255 нм, ϵ 15 200; в петр. эф. λ_{max} 254 и 261 нм, ϵ_{254} 18 900; хинол (в $EtOH$) λ_{max} 290 нм, ϵ 3450. Пластохиноны с *n* = 3, 4, 9 и 10 найдены в природе. Неуст. в присутствии O_2 и на свету. Обзор см. [Meth. Enzymol. 23, 372, (1971)].

Птеросевая кислота

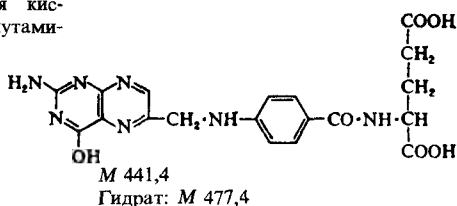


Желт. крист. порошок. Раств-сть: м.р. водн. $NaOH$, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$; н.р. разб. кисл. Спектр:

	при pH 7,0			в 0,1 М NaOH	
λ_{max} , нм	280	350	255	275	365
ϵ	27 800	7180	26 300	23 400	8900

Фактор роста только для *Streptococcus faecalis* и др. энтерококков. Получ. см. [Anal. Biochem. 46, 1 (1972); J. Org. Chem. 36, 860 (1971)].

Птероилглутаминовая кислота (фолиевая кислота; птероил-L-глутаминовая кислота)



Оранжево-желт. крист. или порошок. Образцы, высушенные при темп. $< 140^\circ C$, содержат $2H_2O$, разл. 250. pK_a 4,65; 6,75; 9,00. $[\alpha]_D^{25} + 23$ ($c = 0,5$ в 0,1 М $NaOH$). Раств-сть: кислота 0,001⁰, 0,05¹⁰⁰ H_2O ; р. щел.; н.р. H_2O при pH < 5 ; м.р. лед. укс. кисл., $MeOH$; о.п.р. $EtOH$; н.р. многие орг. раств-ли; Na_2 -соль 1,5⁰ H_2O . Спектр:

	при pH 7,0			при pH 13	
λ_{max} , нм	282	350	256	283	365
ϵ	27 000	7000	26 900	25 100	9260

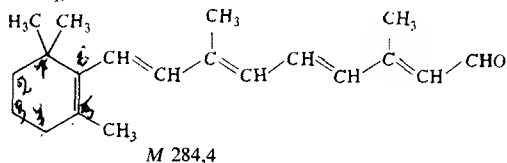
Фотолabile; инактивируется под действием УФ-света. В тв. состоянии уст. в темноте. Щел. раств. довольно

Соединение (синонимы)

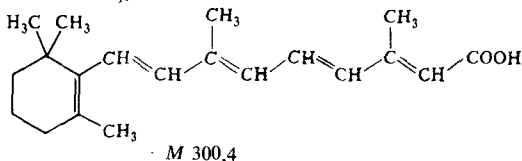
Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

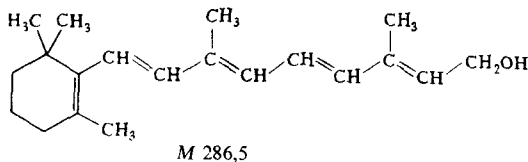
Ретиналь, полный *транс*-изомер (ретилен; ретинальдегид; альдегидная форма витамина A_1)



Ретиновая кислота, полный *транс*-изомер (кислотная форма витамина A_1)



Ретинол, полный *транс*-изомер (витамин A_1 ; аксерофтол)



уст. в темноте. Разрушается при нагрев. в кисл. или щел. раств. См. обзор [Blakley, The biochemistry of folic acid and related pteridines, North-Holland, 1969]. Существующие в природе соединения фолиевой кисл. часто производные птероилполиглютаматов, обычно содержащие 2-7 γ -глутамильных остатков. Полиглутамильные соединения обладают св-вами (напр., растворимость, спектр), аналогичными св-вам соответствующих моноглутамильных соединений. Получ. птероилполиглютаматов, см. [Meth. Enzymol. **66**, 523 (1980); JBC **247**, 2266 (1972); Vitams Horm. **40**, 45 (1983)].

Оранж. крист. $t_{пл}\ 61 \div 64$. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, $CHCl_3$, эф., циклогексан; н. р. H_2O . Спектр: в EtOH $\lambda_{max}\ 381\text{ нм}$, $\epsilon\ 43\ 500$; комплекс с $SbCl_3$ в $CHCl_3$, $\lambda_{max}\ 664\text{ нм}$, $A_1^{1\%}\ 3400$. Неуст. на возд. и в кисл.; менее уст., чем ретинол. Частично изомеризуется до *цис*-изомеров под действием света. 11-*цис*-Ретиналь-компонент родопсина. Получ. см. [BJ **42**, 516 (1948); Meth. Enzymol. **18C**, 641 (1971)].

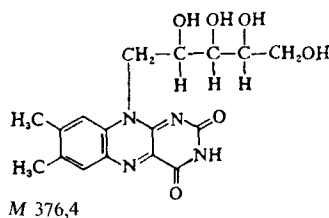
Желт. иглы. $t_{пл}\ 179 \div 180$. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, $CHCl_3$, эф., циклогексан; н. р. H_2O . Спектр: в EtOH $\lambda_{max}\ 350\text{ нм}$, $\epsilon\ 45\ 400$; комплекс с $SbCl_3$ в $CHCl_3$, $\lambda_{max}\ 574\text{ нм}$. По уст. аналогична ретинолу; неуст. на возд., в кисл. и к действию УФ-света. Получ. см. [BJ **113**, 447 (1969)].

Желт. призмы. $t_{пл}\ 64$. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, $CHCl_3$, эф., циклогексан; н. р. H_2O . Спектр: в EtOH $\lambda_{max}\ 325\text{ нм}$, $\epsilon\ 52\ 480$; комплекс с $SbCl_3$ в $CHCl_3$, $\lambda_{max}\ 620\text{ нм}$, $A_1^{1\%}\ 4800$. Разрушается под действием УФ-света. Легко окисл. на возд.; может быть стабилизирован при раств. в масле, при добавл. антиоксиданта, такого, как α -токоферол или гидрохинон, или путем перевода в ацетат или пальмитат. Уст. в щел., неуст. в кисл.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Рибофлавин (витамин В₂;
лактофлавин)

Желт. иглы. Разл. ~ 280 . $[\alpha]_D^{21} -117$ ($c = 0,5$ в 0,1 М NaOH; сильно зависит от конц.). $E'_0 -0,208$ В (рН 7, 30 °С) pK_a 9,69. Раств-сть: 0,01²⁵, 0,23¹⁰⁰ H₂O. 0,0045 EtOH; х. р. разб. щел. (с разл.). конц. HCl; р. лед. укс. кисл., фенол; н. р. эф., CHCl₃, ац., бенз. Спектр: в 0,1 М фосфате (рН 7)

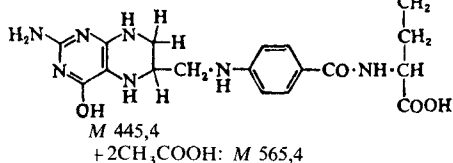
$\lambda_{\max}$, нм	266	373	445
ϵ	32 500	10 600	12 500
$\lambda_{\text{ср}}$, нм	260	375	450
ϵ	27 700	10 600	12 200

Мах флуоресценции F 525 530 нм; максимальная интенсивность при рН 3,5 $\div$ 7,5; для дигидросоединения ϵ_{450} 780. Сухое тв. в-во уст. к рассеянному свету. Чрезвычайно фотолabile в раств., особ. щел. Нейтр. и кисл. водн. раств. уст. в темноте, за 1 мес разл. 3% при 27 °С и рН 6; может быть стерилизован автоклавированием. Быстро разл. в щел. раств. Уст. к мягким окисл., включая O₂. Восстанавливается дитионитом, амальгамой Na, Zn + кислота или H₂ + катализатор до бесцв. дигидросоединения, которое легко подвергается аутоокислению.

Сукцинилкофермент А
(сукцинил-СoА; сукцинил-
S-СoА)

См. Кофермент А, где -SH замещен на -SCOCH₂CH₂COOH
 M 867,6

Раств-сть: р. H₂O. Спектр: см. Ацильные соединения кофермента А; $\Delta\epsilon_{232}$ при гидролизе 4500. Неуст. при нейтр. рН при комн. т., в бикарбонатном буферном раств. (рН 7,5), период полу-превращения 1 2 ч, медл. разл. в PO₄-буфере. О. быстро гидрол. при нагрев., полн. гидрол. за 1 2 мин при 100 °С. Нейтр. раств. можно хранить при -15 °С (незначит. разл.). Уст. при рН 1. Получ. см. [Biochem. Preps. 5, 30 (1957)]. См. также Ацильные соединения кофермента А

Тетрагидроптероилглута-
миновая кислота (5,6,7,8-
тетрагидроптероилглута-
миновая кислота; тетра-
гидрофолиевая кислота;
ТГФК).

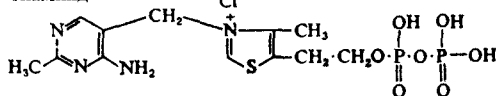
Мелкокрст. бел. порошок, темнеющий при разл.; при осаждении из CH₃COOH содержит 2CH₃COOH; E'_0 ДГФК/ТГФК -0,19 В. pK_a 3,5 (COOH); 4,8 (COOH); 4,8 (N⁵); 10,5 (N³). $[\alpha]_D^{27} (\pm) +14,9$ (в 0,1 М NaOH); (-) -16,9 (в 0,1 М NaOH). Раств-сть: р. H₂O, лед. укс. кисл., н. р. эф. Спектр: при рН 7 $\lambda_{\max}$ 297 нм, ϵ 29 100; при рН 11 $\lambda_{\max}$ 290 нм, ϵ 21 600; при рН 3 $\lambda_{\max}$ 270 (ϵ 25 400) и 290 нм (ϵ 22 800). При разл. $\lambda_{\max}$ смещается к 282 нм из-за образования дигидроптероилглутаминовой кисл. Тв. в-во медл. окисл. на возд. темнея. При хранении в вакууме или атм. инерт. газа, в темноте и на

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Гиаминпирофосфат (дифосфотиамин; кокарбоксилаза; TRP; тиаминдифосфат)

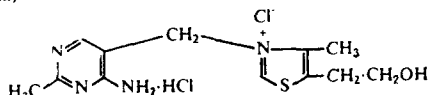


Свободный катион: M 425,3

Хлорид: M 460,8

Гидрат: M 478,8

Тиаминхлоридгидрохлорид (тиамингидрохлорид; гидрохлорид витамина B₁; гидрохлорид аневрина)



M 337,3

Гидрат: M 355,3

ол. в безводн. усл. разл. сильно замедляется, но полн. не предотвращается. Быстро окисл. в раств. до дигидроптеройлглутаминовой кисл.; дальнейшее разл. происходит гораздо медл., вызывая окрашивание раств. Разл. катализируется светом, кисл., осисованием и ионами тяжелых металлов (Cu, Fe). Наиболее уст. при pH 5 ÷ 6. На уст. влияет состав буфера; наиболее уст. в веронале, трисе, триэтаноламине, наименее уст. в фосфате или малеате. Раств. стабилизируется аскорбатом или меркаптоэтанолом или пропусканьем через раств. N₂ или Ar. Период полупревращения без стабилизатора в PO₄-буфере (pH 7,5) 200 мин при 0°C, 1 мин при 23°C. Раств., содержащие аскорбат или меркаптоэтанол, уст. несколько месяцев при -20°C, несколько ч при 0°C, 1-2 ч при 23°C, до 15 мин в трис-буфере при 100°C. Раств. можно хранить несколько мес. (без заметного разл.) в 0,2 М меркаптоэтаноле при pH 7 и 4°C в вакууме или (без меркаптоэтанол) в 10⁻³ М ЕДТА pH 5 ÷ 6, в атм. инертн. газа и замороженными. Природный изомер (-)-L. Получ. см. (±) [BJ 65, 331 (1957); Biochem. Preps. 7, 89 (1960); Meth. Enzymol. 6, 802 (1963); 18B, 728 (1971); 66, 519 (1980); Biochem. 5, 303 (1964); BBRC 4, 180 (1961); Anal. Biochem. 103, 255 (1980)]; (-) [Meth. Enzymol. 6, 805 (1963); JBC 249, 4100 (1972)].

Хлорид: крист. + 1H₂O из EtOH. $t_{пл}$ 240 ÷ 244 (разл.). pK_a 5,0. Раств.-сть: р. H₂O. Спектр: при pH 1 ÷ 3 λ_{max} 247 нм, ϵ 13 000; в PO₄-буфере (pH 8) λ_{max} 233 (ϵ 10 800) и 267 нм (ϵ 7800); λ_{min} 248 нм. Изобестическая точка (pH 2 ÷ 8) 272,5 нм. Тв. в-во уст. в сухом состоянии. Раств. немного менее уст., чем тиаминхлоридгидрохлорид. См. обзор [Ann. N.Y. Acad. Sci. 98, 383 (1962)].

Монокл. пластинки; гигр., обычно + 1/2 или 1H₂O; имеет запах дрожжей. $t_{пл}$ 247 ÷ 248 (разл.). pK_a 4,8; 9,2. Раств.-сть: 100 H₂O; 0,35 EtOH; р. MeOH; н. р. эф., бенз., CHCl₃. Спектр: в H₂O при pH ≥ 7 λ_{max} 235 (ϵ 11 300) и 267 нм (ϵ 8300); при pH ≤ 5,5 λ_{max} 247 нм, ϵ 14 200. Коммерческие образцы содержат ~4% H₂O, которую можно удалить при 100°C. Сухое тв. в-во уст. на возд. Раств. при pH 3,5 уст. при

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

120 °С. При pH > 5 раств. неуст., особ. к нагрев.; pH > 7 неуст. при стоянии при комн. т. Неуст. к восстановителям и окислителям. Раств. имеют кисл. р-цию.

Св.-желт. масла, $t_{пл}$ α 2,5 – 3,5; γ -3 ÷ -2. Оптическая активность: слабо правовращающие в EtOH, знак вращения зависит от раство-ля. Раств-сть: р. ал., EtOH, CHCl₃, эф., масла: н. р. H₂O. Спектр: в EtOH α λ_{max} 292 нм, ε 3260; β λ_{max} 296 нм, ε 3720; γ λ_{max} 298 нм, ε 3810; δ λ_{max} 298 нм, ε 3510. Сильная флуоресценция: А 295 нм, F 340 нм. Медл. окисл. на возд., быстро в присутствии щел. или при нагрев. В отсутствие O₂ уст. к нагрев. до ~200 °С и к щел. Кисл. не оказывают никакого действия до 100 °С. Постепенно темнеет на свету, чувствителен к УФ-свету. Токоферолы могут служить антиоксидантами; наиболее мощный антиоксидант – δ-токоферол. Эфиры (ацетат, аллофанат, *п*-нитрофенилуретан) гораздо более уст. к свету и O₂, чем свободные токоферолы. α-Токоферилацетат: желт. крист.; $t_{пл}$ 28; λ_{max} 284 нм, ε 2050. В природе найдены также соответствующие токотриенолы с группами

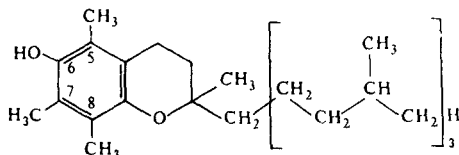
CH₂CH=C(CH₃)CH₂ в боковых цепях, спектры которых аналогичны спектрам соответствующих токоферолов.

Оранжев. крист. $t_{пл}$ Q-6 19–20; Q-7 31–32; Q-8 37–38; Q-9 44–45; Q-10 49. Раств-сть: р. EtOH, эф., гексан, петр. эф., циклогексан; н. р. H₂O. Спектр: для всех гомологов в EtOH λ_{max} 275 и 405 нм; λ_{min} 236 нм; Хинол λ_{max} 290 нм; в петр. эф. λ_{max} 270 нм; в гексане λ_{max} 272 нм;

	ϵ_{270} (петр. эф.)	ϵ_{275} (EtOH)	$\Delta\epsilon_{Ox/Red, 275}$ (в EtOH)
Q-6	15 370	14 900	12 400
Q-7	15 090	14 800	12 600
Q-8	14 980	14 900	12 700
Q-9	14 870	14 700	12 500
Q-10	15 190	14 600	12 500

Медл. разл. под действием O₂, УФ- или солнечного света. Быстро окисл. в щел., но уст. в щел. в присутствии пирогаллола, связывающего O₂. Восстанавливается дитионитом, борогидридом или Zn + кислота до хинола, который снова медл. окисл. на возд. См. обзоры [Vitams. Norm. 24, 291 (1966); Meth. Enzymol. 18С, 137 (1971); 53, 591 (1978)].

Токоферол (витамин Е; α-токоферол: 5,7,8-триметилтокол; β-токоферол: 5,8-диметилтокол; γ-токоферол: 7,8-диметилтокол; δ-токоферол: 8-метилтокол)



α-токоферол

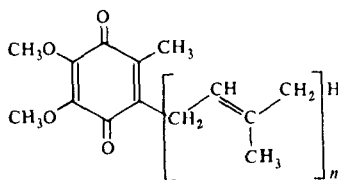
α: M 430,7

β: M 416,7

γ: M 416,7

δ: M 402,7

Убихинон (убихинон-*n*; Q-*n*; кофермент Q_{*n*}; CoQ_{*n*}; убихинон-5*n*; напр., для *n* = 10: убихинон-10; Q-10; кофермент Q₁₀; CoQ₁₀; убихинон-50)



Q-6: M 590,9

Q-7: M 659,0

Q-8: M 727,1

Q-9: M 795,3

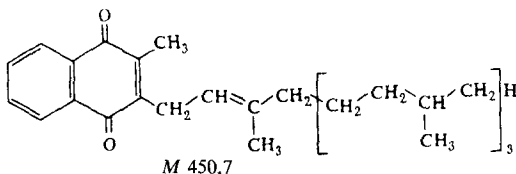
Q-10: M 863,4

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Филлохинон (витамин K₁;
2-метил-3-фитил-1,4-наф-
тохинон)

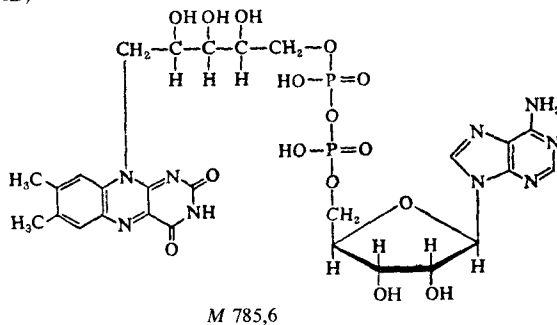


Желт. вязкое масло. $t_{\text{пл}}$ — 20. Раств-сть: р. EtOH, ац., бенз., эф., легкая фракция нефти; н. р. H₂O. Спектр: в петр. эф.

λ_{max} , нм	242	248	260	269	325
ϵ	17850	18880	17260	17440	3065

Восстановленная форма — хинол; спектр в EtOH: λ_{max} 245 и 325 нм, ϵ_{245} увел. при восстановлении. Довольно уст. к действию возд., влаги и к нагрев. Быстро разл. под действием видимого и УФ-света. Не изменяется под действием разб. кисл., но разл. щел. Восстанавливается до хинола под действием NaBH₄ или дитионита.

Флавинадениндинуклео-
тид (FAD)



Оранжев. гигр. порошок. E'_{max} — 0,219 В (рН 7, 30°C). Раств-сть: х. р. H₂O; р. пир., фенол; н. р. EtOH, эф., ац., CHCl₃. Спектр: в 0,1 М PO₄-буфере (рН 7)

λ_{max}	263	375	450
ϵ	38 000	9300	11 300

ϵ_{260} 37 000. Мах флуоресценции F 525–530 нм, максимальная интенсивность при рН 2,7 3,1, намного слабее (на 9–20%), чем у рибофлавина или FMN. Дигидросоединение: ϵ_{450} 980. Тв. в-во и нейтр. водн. раств. в темноте при 0°C уст. неопределенно долго. Хол. разб. кисл. не оказывают никакого действия, но при нагрев. (напр., 0,1 М HCl при 100°C) происходит гидрол. до FMN. Гидрол. до рибофлавин-4,5'-циклофосфата в нейтр. раств. при >80°C, а также (быстро) в щел. раств. В нейтр. раств. FAD гораздо менее фотолabile, чем FMN или рибофлавин, но о. фотолabile в щел. раств. Все раств. лучше хранить в темноте. Восстанавливается до бесцв. дигидросоединения дитионитом, амальгамой Na, Zn + кислота или H₂ + катализатор; дигидросоединение о. легко аутоокисл. Получ. см. [Biochem. Preps 7, 51 (1960); Meth. Enzymol. 18C, 399 (1971)].

Na-соль

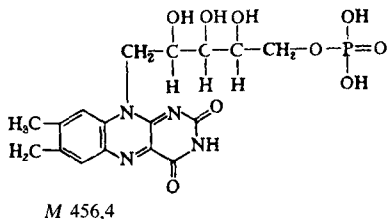
NaH·(FAD)
 M 807,6

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Флавинмоноклеотид
(рибофлавин-5'-фосфат;
FMN)



Оранж. слегка гигр. порошок; обычно свободная кислота и Na-соли $+2 \div 3$ H_2O ; E'_0 $-0,219$ В (рН 7, 30°C). Раств-сть: р. H_2O , лед. укс. кисл., пир., фенол; о. п. р. EtOH; н. р. ал., эф., CHCl_3 . Спектр: в 0,1 М PO_4 -буфере (рН 7)

λ_{max} , нм	266	373	445
ϵ	31 800	10 400	12 500
$\lambda_{\text{ср}}$, нм	260	375	450
ϵ	27 100	10 400	12 200

Мах флуоресценции $525 \div 530$ нм. Дигидросоединение: ϵ_{450} 870. Наиболее уст. при рН ~ 6 . Нейтр. раств. уст. при 100°C . Фосфозфирная связь гидрол. в кисл. раств., связь кольцо — рибит неуст. в щел. раств. NH_4 -соль: о. неуст. Быстрый фотолиз при всех рН, но особ. в щел. раств. (более быстрый, чем у рибофлавина). Хранить в темноте. Восстанавливается до бесцв. дигидросоединения дитионитом, амальгамой Na, Zn + кислота или H_2 + катализатор. Дигидросоединение: о. легко аутоокисляется. Оч. см. [Meth. Enzymol. **66**, 217, (1980)].

Гигр. Раств-сть: 11,2 (рН 6,9), 4,3 (рН 3,8) H_2O . Желт. крист.

Na-соль

NaH · (FMN)

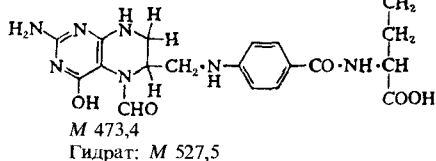
M 478,3

Na-соль, гидрат

NaH · (FMN) · $2\text{H}_2\text{O}$

M 514,4

5-Формилтетрагидроптеройл-глутаминовая кислота ((±)-соединение: фолиновая кислота SF; лейковорин; (−)-соединение: цитроворный фактор)

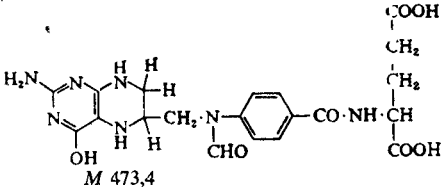
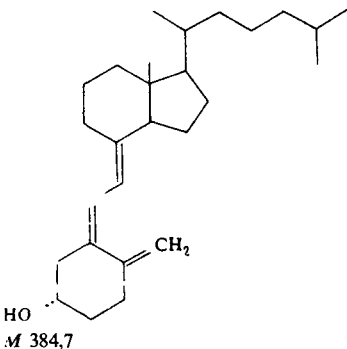


Легкие кремовые крист. + $3\text{H}_2\text{O}$; H_2O удаляется при 100°C в высоком вакууме за 2 ч. $t_{\text{мд}}$ $248 - 250$ (разл.). pK_a 3,1; 4,8; 10,4. $[\alpha]_D^{25}$ $(\pm) +14,3$ ($c = 3,4$ безводн. Са-соль в H_2O); (−) $-15,1$ ($c = 1,8$ безводн. Са-соль в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Спектр: при рН 13 λ_{max} 282 нм, ϵ 32 600; λ_{min} 248 нм; при рН 7 λ_{max} 286 нм, ϵ 31 800. В тв. состоянии уст. на возд. неопределенно долго. В кисл. раств. происходит циклизация формильной гр. до 5,10-метенилтетрагидроптеройл-глутаминовой кисл. Уст. в нейтр. или щел. раств.; не окисл. на возд. В природе (−)-L-форма. Получ. см. [Meth. Enzymol. **18B**, 731 (1971); **66**, 541, 547 (1980)].

Крист. Раств-сть: р. H_2O ; п. р. EtOH.

Са-соль (Са-лейковорин)

 $\text{C}_{20}\text{H}_{21}\text{N}_7\text{O}_7\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; M 601,6

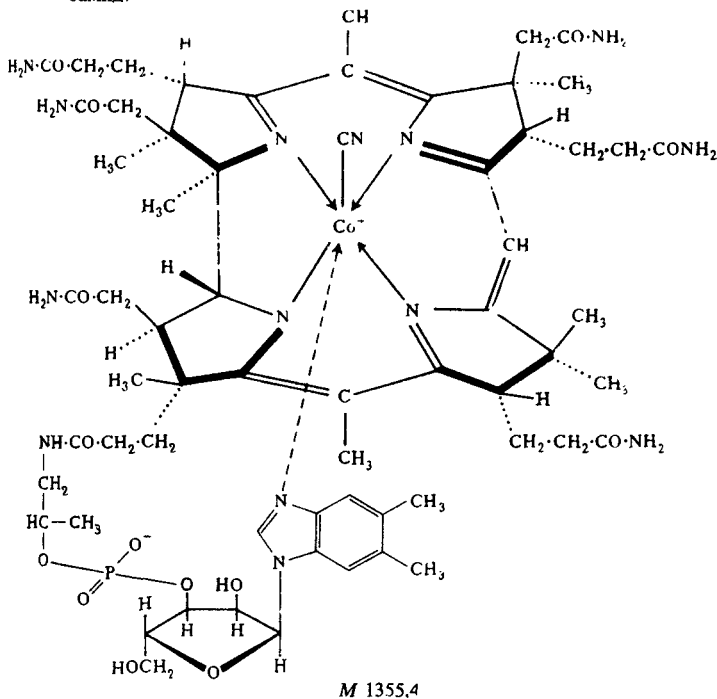
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
10-Формилтетрагидроптеройлглутаминовая кислота (10-формилтетрагидрофолиевая кислота)	 M 473,4	В тв. состоянии не выделена. $[\alpha]_D^{23} (\pm) -9$; $(-)$ -42 (в 0,1 М NaOH—1 М меркаптоэтанол). Раств-сть: р. H_2O. Спектр: рН 7–9 λ_{max} 258 им, ϵ 22000. Быстро окисл. на возд. Меркаптоэтанол предохраняет от окисл.; раств., содержащий 1 М меркаптоэтанол, можно хранить при $-20^\circ C < 3$ сут. При рН < 6 циклизуется с образованием 5,10-метенилтетрагидроптеройлглутаминовой кисл. При нагрев. или длительном выдерживании при нейтр. или щел. рН изомеризуется с образованием 5-формилтетрагидроптеройлглутаминовой кисл., но сильн. щел. (0,1 М) удаляет формильную гр. Легко получается из раств. 5,10-метенилтетрагидроптеройлглутаминовой кисл. путем доведения рН ≥ 7 и выдерживания в течение нескольких ч. Получ. см. также [BJ 72, 707 (1959); Meth. Enzymol. 6, 814 (1963)]. В природе $(-)$-L-изомер [BBA 148, 622 (1967)]. 10-Формилптеройлглутаминовая кислота: λ_{max} 250 и 316 нм (в 0,8%-ной $HCOOH$), λ_{max} 256 (ϵ 46 000) и 266 нм (в 0,01 М NaOH); получ. см. [BJ 72, 707 (1959); Meth. Enzymol. 66, 440 (1980)].
Холекальциферол (витамин D_3 ; кальциол; 9,10-секохолестатриен-5,7,10 (19)-ол-3 β)	 M 384,7	Тонкие иглы. $t_{пл}$ $84 \div 85$. $[\alpha]_D +51,9$ ($c = 1,6$ в $CHCl_3$). Раств-сть: р. EtOH, ац., эф., $CHCl_3$; н. р. H_2O. Спектры: в гексане или EtOH λ_{max} 265 нм, ϵ 18 200. Чувствителен к свету. На влажном возд. окисл. за несколько сут. Немного более уст., чем эргокальциферол, гораздо более уст., чем 7-дегидрохолестерол. При хранении более 1 года чистый крист. холекальциферол в стеклянных ампулах янтарного цвета при $0-4^\circ C$ незначительно разл. Уст. в виде раств. в пропиленгликоле или кукурузном масле, а также в виде эфиров 3,5-динитробензойной кисл. ($t_{пл}$ 129). Не осаждается дигитонином

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

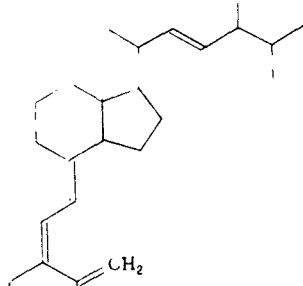
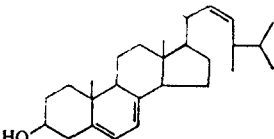
Цианокобаламин (витамин В₁₂; цианокоб(III)-аламин; α-(5,6-диметил-бензимидазол)л) цианокобамил)



Гигр. красные крист. + лН₂О (и варьирует). Темнеет при 210 ÷ 220, не плавится < 300, диамагнетик; $[\alpha]_{D}^{20} -110$ (с = 0,5 в Н₂О). Раств-сть: 1,2 Н₂О; р спирты, алифатические кисл., фенолы: н. р. эф., ал., СНСl₃, пир. Спектр: р Н₂О (рН 2 ÷ 10)

$\lambda_{\max}$, нм	278	305	322	361	518	580
ϵ	16300	9700	7900	28100	7400	8700

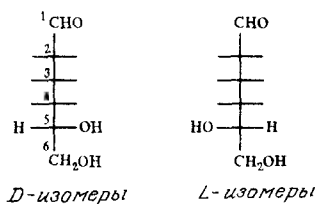
При контакте с возд. обычно содержи. 10–12% Н₂О, которая удаляется нагрев. при пониженном давл. Уст. в тв. состоянии в темноте. Водн. раств. фотолабильны, при этом образуется гидроксикобаламин, длительная экспозиция вызывает необратимую деградацию. Раств. наиболее уст. при рН 4–6; можно хранить несколько лет в темноте при комн. т. при этих рН и конц. > 0,1 мг/мл. Можно автоклавировать при 120 °С и рН 4–6, что сопровождается лишь небольшим разл. В сильн. окисл. и особ. щел. раств. при комн. т. медл. гидрол. амидных гр.; витамин В₁₂ полн. инактивируется при нагрев. в щел. раств. (0,1 М, 100 °С, 10 мин). Реагирует с цианидом при рН 10 с образованием пурпурного дицианокобаламина: $\lambda_{\max}$ 367 (ε 30 800), 550 и 580 нм (ε 9600). При химическом (Н₂ + Pt) или электрохимическом восстановлении образуется коб(II)аламин (витамин В_{12a}), который также образуется фотолизом кофермента В₁₂ и метилкобаламина. Коб(II)аламин: раств. коричневый; раств. окисл. на возд., но в тв. состоянии уст.; $\lambda_{\max}$ 311 (ε 27 500), 402 (ε 7500) и 473 нм (ε 9200). Восстановление с помощью NaBH₄, CrCl₂ при рН 9,5, Zn + HOAc дает коб(I)аламин (витамин В_{12b}, гидридокобаламин): серо-зеленый раств., разл. до коб(II)аламина + Н₂ (период полупревращения 355 мин при рН 10, 87 мин при рН 8), на возд. мгновенно окисл. до коб(II)аламина; $\lambda_{\max}$ 280,5 (ε 29 100) 288 (ε 29 400), 386 (ε 28 000) и 545 нм (ε 2800). Получ. восстановленных соединений см. [Meth. Enzymol. 18С, 34, 52 (1971)]. См. обзор [Hogenkamp, in: Cobalamin: Biochemistry and Pathophysiology, ed. B.M. Babior, Wiley, 1975].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства										
Эргокальциферол (витамин D ₂ ; кальциферол; эркалициол)	 M 396,7	Бесц. призмы или иглы. $t_{пл}$ 121. $[\alpha]_D^{20} +106$ (в EtOH). Раств-сть: 28²⁶ EtOH; 25²⁶ ац.; р. эф., CHCl₃; н.р. H₂O. Спектр: в EtOH или гексане λ_{max} 265 нм, ϵ 19 400. Менее уст., чем эрго-стерол. Чувствителен к свету при любых усл. Окисл. на возд. за несколько суг. Низкая темп. и атм. инерт. газа замедляют, но не останавливают разложения. Можно хранить несколько мес. в вакууме в запаянных темных ампулах на хол. Уст. в раств., в пропиленгликоле или растительном масле или в виде эфиров различных нитробензойных кисл., напр. 3,5-динитробензоата ($t_{пл}$ 146 ÷ 148). Не осаждается дигитонином.										
Эргостерол (эргостерин, провитамин D ₂)	 M 396,6 Гидрат: M 414,7	Гидратированные пластинки или иглы +1 ÷ 1,5H₂O. $t_{пл}$ 168. $[\alpha]_D^{20} -135$ ($c = 1,6$ в CHCl₃). Раств-сть: р. гор. CHCl₃, бенз.; м.р. MeOH, EtOH, эф., легкая фракция нефти; н.р. H₂O. Спектр: в EtOH <table border="1"> <tr> <td>λ_{max}, нм</td><td>262</td><td>271</td><td>282</td><td>293,5</td></tr> <tr> <td>ϵ</td><td>7700</td><td>11 400</td><td>11 900</td><td>6900</td></tr> </table> Полное удаление кристаллизационной H₂O почти невозможно. Окисл. на возд. Хранить в вакууме, в темноте и на хол. Образует умеренно растворимый дигитонид. Образует эргокальциферол (витамин D₂) при УФ-облучении.	λ_{max} , нм	262	271	282	293,5	ϵ	7700	11 400	11 900	6900
λ_{max} , нм	262	271	282	293,5								
ϵ	7700	11 400	11 900	6900								

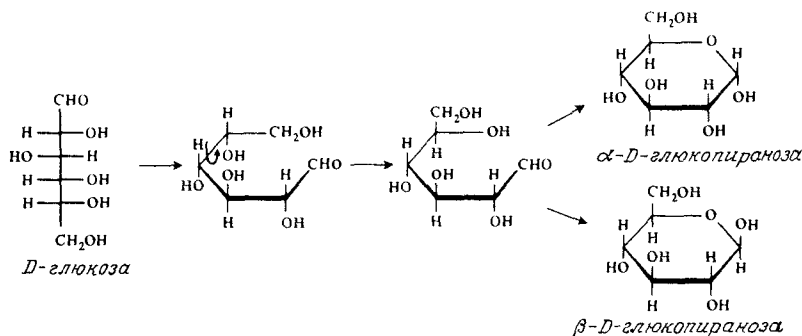
7. Углеводы и родственные соединения

Номенклатура углеводов приведена в [BJ 125, 673 (1971); EJB 21, 455 (1971); BBA 244, 223 (1971); JBC 247, 613 (1971)].

Конфигурация моносахарида, обозначаемая буквами D и L, определяется конфигурацией старшего (имеющего наибольший номер) асимметрического атома углерода и сравнивается с известной конфигурацией глицеральдегида. D-Глицеральдегид имеет ту же абсолютную конфигурацию, что и D-серин и D-молочная кислота.



Взаимосвязь проекционных формул Фишера открытых цепей сахаров и формул Хеуорса кольцевых форм сахаров показана ниже на примере D-глюкозы и ее пиранозной кольцевой формы.



Используемая литература

Pigman W. W., Horton D (eds.), The carbohydrates: chemistry and biochemistry, 2nd ed, Academic Press, vols. IA (1972), IB (1980), IIA (1970), IIB (1970).

Whistler R. L., et al (eds.), Methods in carbohydrate chemistry, Academic Press, vols. 1-5 (1962-1965), 6 (1972), 7(1976) and 8(1980).

Coffey S. (ed), Rodd's Chemistry of carbon compounds, 2nd ed, Elsevier, vol. 1F, 1967, Supplement 1FG (1983).

Tollens, Elsner, Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate, J. A. Barth Verlag, Leipzig (1935).

Bates F. J. et al., Polarimetry, Saccharimetry, and the Sugars, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Washington, D. C., 1942.

Beilstein's Handbuch der Organischen Chemie, vol. 31, Springer, Berlin, 1938.

Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry (until 1968, Advances in Carbohydrate Chemistry), Academic Press, published annually, vol. 1 (1945), 41 (1983).

Сокращения и обозначения

Знак → используется для обозначения мутаротации.

Meth. Carbohydr. Chem. означает, что цитируются данные из Whistler R. L. et al., (eds.), Methods in Carbohydrate Chemistry, Academic Press, vols. 1-8, 1962-1980.

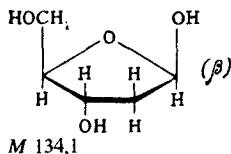
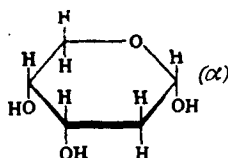
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Тетрозы и родственные соединения		
D-Треоза	$ \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ M 120,1	О. гигр. бесцв. иглы. $t_{пл}$ 126 ÷ 132. $[\alpha]_D^{27} - 12,9$ ($c = 2,3$ в H_2O). Раств-сть: х. р. H_2O; р. MeOH; м. р. EtOH, н. р. эф., петр. эф. Получ. см. [JCS 1955, 1212; Can. J. Chem. 34, 541 (1956); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 68 (1962)].
D-Эритроза	$ \begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ M 120,1	Бесцв. сироп. $[\alpha]_D - 15,9 \rightarrow -23,1$ ($c = 1,9$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O, MeOH, EtOH. Медл. на хол. восстанавливает жидкость Фелинга. Не сбраживается дрожжами. Получ. см. [JCS 1955, 1212; JACS 81, 2838 (1959); Can. J. Chem. 33, 1216 (1955); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 64 (1962)].
мезо-Эритрит (эритрит; изо-эритрит; 1,2,3,4-тетрагидроксибутан; бутанте-трол-1,2,3,4)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ M 122,1	Бел. призмы. $t_{пл}$ 126. Оптически неактивен. Раств-сть: х. р. H_2O; р. гор. EtOH; м. р. хол. EtOH, пир.; н. р. эф. Невосстанавливающий сахар. Сладкий вкус (в 2 раза слаще сахара).
Пентозы и родственные соединения		
D-Арабиноза	M 150,1	Ромб. крист. $t_{пл}$ 159 ÷ 160. $[\alpha]_D - 175 \rightarrow -104,5$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O; о. п. р. EtOH; н. р. эф. Не сбраживается дрожжами.
L-Арабиноза (пектиноза)	M 150,1	Получена β-форма. Ромб. крист. $t_{пл}$ 160. $[\alpha]_D + 190,6 \rightarrow +104,6$ ($c = 4,3$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O; о. п. р. EtOH; н. р. эф. Не сбраживается дрожжами.
D-Араби́ (D-арабитол; D-арабинитол; D-ликситол)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} $ M 152,1	Призмы. $t_{пл}$ 103. $[\alpha]_D^{20} + 7,82$ (в нас. раств. буры). Раств-сть: х. р. H_2O; р. 90%-ный EtOH. Сладкий вкус.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

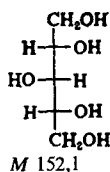
Свойства

2-Дезокси-D-рибоза
(2-D-рибодезоза; тимин-
за; 2-дезоксид-Д-эри-
тро-пентоза)



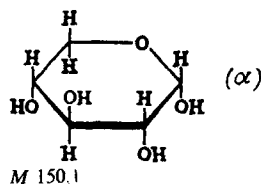
Слабо гигр. крист. α : $t_{пл}$ 78 – 82. $[\alpha]_D^{25} - 56$ (в конечном растворе $c = 1$ в H_2O). β : $t_{пл}$ 96 – 98. $[\alpha]_D - 91 \rightarrow -58$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH; о. п. р. изопропанол. Свободный сахар существует в виде кольцевой пиранозной формы, но в составе нуклеозидов принимает структуру фуранозного кольца. Положительная р-ция Молиша. Положительная р-ция Динге на дезоксисахара. Отрицательная антроновая р-ция. Лучше всего хранить в виде анилида ($t_{пл}$ 175–177); дезоксирибоза регенерируется под действием бензальдегида.

Ксилит



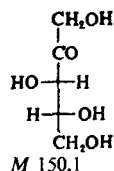
Крист. $t_{пл}$ 93 – 94,5 (уст. форма); 61 – 61,5 (неуст. форма); оптический неактивен. Раств-сть: р. H_2O , гор. EtOH, MeOH. Самый сладкий из всех известных полиолов.

D-Ксилоза (древесный
сахар)



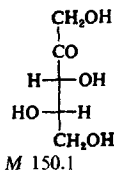
Получают в виде α -формы. Бел. иглы. $t_{пл}$ 145. $[\alpha]_D^{20} + 93,6 \rightarrow +18,8$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: 125 H_2O ; р. EtOH; пир., лед. укс. кисл.; н.р. эф. Не сбраживается дрожжами. О. сладкий вкус.

D-Ксилулоза (D-ксило-
кетоза, D-ликсокетоза,
D-трео-пентулоза)

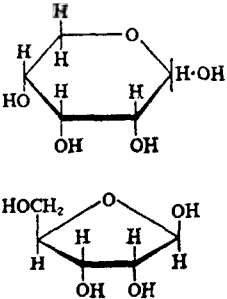
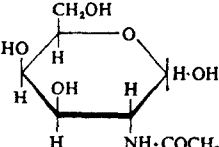


Сироп. $[\alpha]_D^{18} - 33,2$ ($c = 2,5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Восстанавливает жидкость Фелинга на хол. Положительная р-ция Селиванова. Получают и хранят в виде O-изопропилиденового производного: $t_{пл}$ 70 – 71: $[\alpha]_D^{25} + 1,7$ (в ал.). Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 94, 98 (1962); Meth. Enzymol. 9, 39 (1966)]

L-Ксилулоза (L-ксилоке-
тоза; L-ликсокетоза;
L-трео-пентулоза; ранее
известна как d-ксилулоза)



Сироп. $[\alpha]_D^{20} + 33,1$ ($c = 2$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Восстанавливает жидкость Фелинга на хол. Положительная р-ция Селиванова. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 98 (1962); J. Org. Chem. 30, 458 (1965); Meth. Enzymol. 9, 39 (1966)].

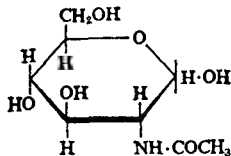
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Рибит (рибитол; адонитол)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ M\ 152,1 \end{array} $	Крист. $t_{пл}$ 102. Оптически неактивен. Раств-сть: р. H_2O , EtOH; н.р. эф. Невосстанавливающий сахар.
D-Рибоза	 $M\ 150,1$	О. тигр. крист. $t_{пл}$ 86 ÷ 87. $[\alpha]_D^{25} - 23,1 \rightarrow -23,7$ (с = 4 в H_2O) (мутаротационный комплекс). Раств-сть: р. H_2O ; о.п.р. EtOH. В составе соединений присутствует фуранозная форма. Раств. содержит смесь пиранозной и фуранозной форм. Нормальная крист. форма - β -D-рибопираноза. Не сбрасывается обычными дрожжами.
D-Рибоновая кислота	$ \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ M\ 166,1 \end{array} $	$t_{пл}$ 112 ÷ 113. $[\alpha]_D^{25} - 17,3$ (с = 4 в MeOH). Раств-сть: р. H_2O , MeOH, EtOH. Неуст. при комн. т. 1,4-Лактон: $t_{пл}$ 72 : 78; $[\alpha]_D + 18,4$ (в H_2O).
D-Рибулоза (адоноза; D-рибокетога; D-арабулоза; D-арабокетога; D-эритро-пентулоза)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CO} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ M\ 150,1 \end{array} $	Сироп. $[\alpha]_D^{21} - 16,3$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Положительная р-ция Селиванова. Восстанавливает жидкость Фелинга на хол. Получ. см. [Meth. Enzymol. 9, 39 (1966); 41, 103 (1975)].
Гексозы и родственные соединения	 $M\ 221,2$	α : крист: $t_{пл}$ 172 ÷ 173; $[\alpha]_D + 115 \rightarrow +86$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Зафиксированы более низкие $t_{пл}$. Форма с $t_{пл}$ 120 ÷ 122, возможно, моногидрат. Дает положительную реакцию Моргана-Элсона. Получ. см. [JACS 76, 301 (1954); 79, 4737 (1957); Meth. Carbohydr. Chem. 7, 32 (1976)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

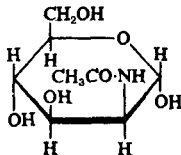
N-Ацетил-D-глюкозамин
(2-ацетамид-2-дезоксид-глюкоза)



M 221,2

α : бесцв. иглы. $t_{пл}$ 205; $[\alpha]_D^{21} + 75 \rightarrow +41$ ($c = 2$ в H_2O). β : крист. $t_{пл}$ 182 $\div$ 183,5. $[\alpha]_D - 22 \rightarrow +41,3$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Дает положительную р-цию Моргана-Элсона. Получ. см. [Biochem. Preps. 11, 1 (1966)].

N-Ацетил-D-маннозамин
(2-ацетамид-2-дезоксид-манноза)

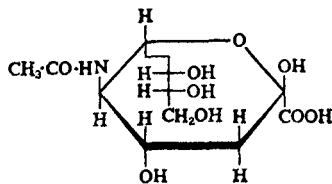


M 221,2

Гидрат: M 239,2

Большие призмы + H_2O . $t_{пл}$ 128 $\div$ 129. $[\alpha]_D^{20} - 9,4 \rightarrow +9,7$ ($c = 10$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Дает положительную р-цию Моргана-Элсона.

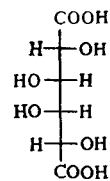
N-Ацетилнейраминовая кислота (сиаловая кислота; лактаминовая кислота; 5-ацетамид-3,5-дидезокси-D-глицеро-D-галактонофулозоновая кислота)



M 309,2

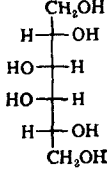
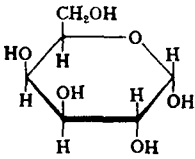
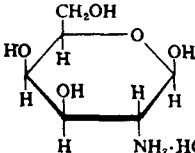
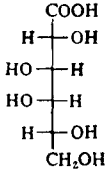
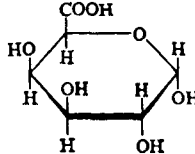
Крист. $t_{пл}$ 185 $\div$ 187 (разл.). $[\alpha]_D^{22} - 32$ ($c = 2$ в H_2O). pK_a 2,60. Раств-сть: р. H_2O , MeOH; м. р. EtOH; н. р. эф., ал., $CHCl_3$. Сиаловые кислоты ацилированные производные нейраминовой кислоты. Все существующие в природе сиаловые кислоты содержат N-ацетильные или N-глицолильные заместители; некоторые из них содержат также одну или две O-ацетильные группы по O-9, O-7 или O-4. O-Ацетильные группы очень лабильны, они наиболее уст. при pH 3,5-4,5. N-Ацетильные группы более уст., наибольшая уст. наблюдается при pH 4,5, умеренно уст. в мягкой щел., напр. при pH 11 при 25°C. N-Глицолилнейраминовая кислота: $t_{пл}$ 189 $\div$ 191 (разл.); $[\alpha]_D - 33,6$ (в H_2O); pK_a 2,75. Получ. см. [Biochem. Preps. 7, 1 (1960); Meth. Enzymol. 6, 453 (1963); 8, 131 (1966); 50, 64 (1978); BVA 338, 369 (1974); Ann. 659, 156 (1962)].

D-Галактаровая кислота (слизевая кислота; сахаромолочная кислота; тетрагидроксиадипиновая кислота)



M 210,1

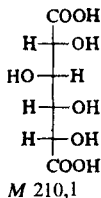
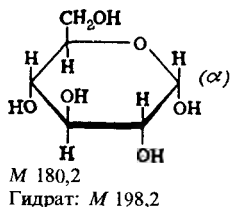
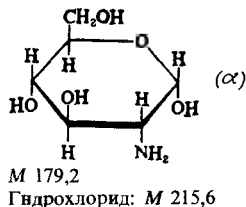
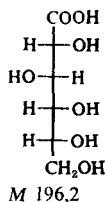
Бесцв. крист. или бел. порошок. $t_{пл}$ 255 (225). Оптически неактивна. pK_a 3,08; 3,63. Раств-сть: 0,33¹⁴ H_2O ; р. щел.; умеренно р. эф., EtOH. Перекр. из H_2O . $t_{пл}$ сильно зависит от скорости нагрева. Восстанавливает аммиачный раствор $AgNO_3$, но не жидкость Фелинга.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Галактит (галактитол; дульцит; дульцитол; мелапирин)	 $M\ 182,2$	Бесцв. монокл. призмы. $t_{пл}\ 188 \div 189$. Оптически неактивен. Раств-сть: $3,0^{14}\ H_2O$; умеренно р. EtOH, эф. Сладковатый вкус.
D-Галактоза (цереброза)	 $M\ 180,2$ Гидрат: $M\ 198,2$	α: призмы или иглы + $1H_2O$ из H_2O . $t_{пл}\ 118 \div 120$. Безводн. пластинки из EtOH. $t_{пл}\ 168$. $[\alpha]_D^{20} + 150,7 \rightarrow + 80,2$ ($c = 5$ в H_2O). β: крист. $t_{пл}\ 167$. $[\alpha]_D^{20} + 52,8 \rightarrow + 80,2$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: 10^0 , $68^{25}\ H_2O$; о.п.р. MeOH; $5,45^{25}$ пир. Обычно получают α-форму.
D-Галактозамингидрохлорид (хондрозамингидрохлорид; гидрохлорид 2-амино-2-дезоксид-галактозы)	 $M\ 215,6$ Свободное основание: $M\ 179,2$	α: иглы. $t_{пл}\ 185$. $[\alpha]_D^{20} + 121 \rightarrow + 95$ (в H_2O). β: крист. $t_{пл}\ 187$. $[\alpha]_D^{20} + 44,5 \rightarrow + 95$ (в H_2O). $pK_a\ 7,70$. Раств-сть: р. H_2O . Обычно получают β-форму. Восстанавливающий сахар. Положительная р-ция с нингидрином. Отрицательная р-ция Молиша.
D-Галактоиновая кислота (D-лактоновая кислота)	 $M\ 196,2$	Безводн. иглы из EtOH. $t_{пл}\ 148$. + $1/2\ H_2O$ из водн. EtOH. $t_{пл}\ 140 \div 142$. + $2H_2O$ из H_2O . $t_{пл}\ 118 \div 120$. $[\alpha]_D^{20} - 13 \rightarrow - 46$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Дигидрат легко теряет H_2O при высушивании на возд. Соли обычно получают нейтрализацией γ-лактона. К-соль: крист. + $1H_2O$; р. H_2O . Са-соль: крист. + $5H_2O$; р. H_2O ; теряет часть H_2O при $100^\circ C$. γ-Лактон (1,4-лактон): иглы + $1H_2O$; $t_{пл}\ 66$ (гидрат); $133-135$ (безводн.). $[\alpha]_D^{20} - 77,4 \rightarrow - 63,7$ (безводн. в H_2O).
D-Галактуроновая кислота	 $M\ 194,1$ Гидрат: $M\ 212,2$	α: иглы + $1H_2O$. Спекается $110 \div 111$. $t_{пл}\ 159 \div 160$ (разл.). $[\alpha]_D^{20} + 107,0 \rightarrow + 51,9$ ($c = 4$ гидрата в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , гор. EtOH; умеренно р. хол. EtOH; в.р. эф. β: безводн. $t_{пл}\ 160$ (разл.). $[\alpha]_D^{20} + 31,1 \rightarrow + 56,7$ ($c = 4$ безводн. в H_2O). Обычно получают α-форму или смесь α- и β-форм. Na-соль: получают в виде β-формы; крист.; $[\alpha]_D^{20} + 11,5 \rightarrow + 36,0$ ($c = 4$ в H_2O); р. H_2O , н.р. EtOH. Са-соль: получают в

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

D-Глюконовая кислота
(D-сахарная кислота)D-Глюкоза (декстроза;
виноградный сахар)D-Глюкозамин (хитоза-мин;
2-амино-2-дезоксиглюкоза)D-Глюконовая кислота
(декстроновая кислота;
мальтоновая кислота;
гликогеновая кислота)

виде α-формы; крист. + $1\text{H}_2\text{O}$; $[\alpha]_D^{20} + 75,0 \rightarrow + 36,8$ ($c = 1,4$ безводн. в H_2O); раств-сть $4,9^{20}$, 10^{100} H_2O , н. р. EtOH .

Распл. иглы. $t_{\text{пл}} 125 \div 126$ (разл.). $[\alpha]_D + 6,86 \rightarrow + 20,6$ ($c = 2,8$ в H_2O). pK_a 3,01; 3,94. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH ; о. п. р. эф. Крист. самопроизвольно превращаются в смесь лактонов. Восстанавливает аммиачный раствор. AgNO_3 , но не жидкость Фелинга. Дилактон и метиловые эфиры монолактоинов восстанавливают жидкость Фелинга. 1,4-Лактон: $t_{\text{пл}} 98$. 3,6-Лактон: $t_{\text{пл}} 144$; $[\alpha]_D + 37,9 \rightarrow + 22,5$ (в H_2O). 1,4-3,6-Дилактон: $t_{\text{пл}} 134$. КН-соль: крист.; $[\alpha]_D^{20} + 5,1$ ($c = 0,8$ в H_2O).

α: пластинки + $1\text{H}_2\text{O}$ из H_2O . $t_{\text{пл}} 83$. Безводн. крист. из MeOH . $t_{\text{пл}} 146$. $[\alpha]_D^{20} + 112,2 \rightarrow + 52,7$ ($c = 3,9$ безводн. в H_2O). Раств-сть: гидрат $32,3^0$, $82,0^{25}$ H_2O ; м. р. EtOH , MeOH ; н. р. эф., ал. β: крист. $t_{\text{пл}} 148 \div 150$. $[\alpha]_D^{20} + 18,7 \rightarrow + 52,7$ ($c = 3,9$ в H_2O). Раств-сть: 154^{15} H_2O ; м. р. EtOH ; н. р. эф. Коммерческие препараты — обычно преимущественно моногидрат α-глюкозы. α-Глюкоза кристаллизуется в виде гидрата при темп. $< 50^\circ\text{C}$, в безводн. форме $> 50^\circ\text{C}$.

pK_a 7,75. α: бел. крист. порошок. $t_{\text{пл}} 88$. $[\alpha]_D^{20} + 100 \rightarrow + 47,5$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: х. р. H_2O ; р. гор. MeOH ; м. р. EtOH ; н. р. эф., CHCl_3 . Гидрохлорид: крист. $t_{\text{разл.}}$ 190–210. $[\alpha]_D + 100 \rightarrow + 72,5$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: м. р. H_2O . β: иглы. $t_{\text{пл}} 120$. $\alpha_D^{20} + 14 \rightarrow + 47,5$ ($c = 1$ в H_2O). Гидрохлорид: $[\alpha]_D + 25 \rightarrow + 72,5$ ($c = 1$ в H_2O). Обычно получают α-форму. Восстанавливающий сахар. Положительная р-ция с вингидрином. Отрицательная р-ция Молиша.

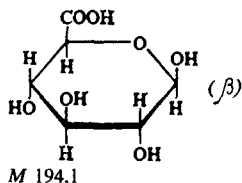
Крист. $t_{\text{пл}} 132$. $[\alpha]_D^{20} - 6,7 \rightarrow + 12$ (в H_2O). pK_a 3,76. Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH ; н. р. эф. Слегка кисл. вкус. В водн. раств. кислота частично превращается в смесь лактонов. Лактоны частично гидрол. до кисл. при раств. в H_2O . γ-Лактон (1,4-лактон): $t_{\text{пл}} 133 \div 135$; $[\alpha]_D^{20} + 68 \rightarrow + 17,7$ ($c = 5$ в H_2O). δ-Лактон (1,5-лактон): $t_{\text{пл}} 153$; $[\alpha]_D^{25} + 66,7 \rightarrow$

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

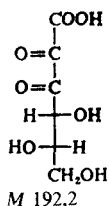
D-Глюкуроновая кислота



→ + 8,5 ($c = 5$ в H_2O); р. H_2O , м. р. EtOH; сладкий вкус. Na-соль: крист.; р. H_2O . Ca-соль: крист. + $2\text{H}_2\text{O}$; м. р. H_2O ; н. р. EtOH.

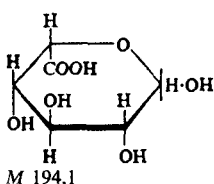
Получают в виде β-формы. Иглы $t_{\text{пл}}$ 165 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}} + 11,7 \rightarrow 36,3$ (в H_2O). pK_a 3,18. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. Перекр. обычно дает смесь кисл. и лактона. В водн. раств. кисл. и лактон взаимопревращаемы. Равновесие достигается медл. (2 мес) при комн. т., но быстро при высокой темп. (2 ч при 100°C). Равновесная смесь содержит при комн. т. 20% лактона, при 100°C 60%. Восстанавливает жидкость Фелинга. Na-соль: крист. + H_2O ; р. H_2O ; теряет H_2O в вакууме над CaCl_2 . K-соль: крист. + $2\text{H}_2\text{O}$; р. H_2O ; теряет H_2O в вакууме над CaCl_2 . 6 → 3-Лактон (D-глюкурон): пластинки; $t_{\text{пл}}$ 176–178; $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 19,2$ (в H_2O); раств-сть: 26,9 H_2O , 2,8 MeOH, 0,7 EtOH; существует в фуранозной форме.

2,3-Дикето-L-гулоновая кислота (L-трео-2,3-гексодиулозоновая кислота; 2,3-диоксо-L-гулоновая кислота)



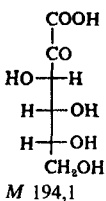
Ва- и Са-соли аморфн. $[\alpha]_{\text{D}}^{22} - 6,8$ (Ва-соль в 0,1 М HCl); $-8,3$ (Са-соль в 0,1 М HCl). Раств-сть: р. H_2O . Свободная кисл. известна только в растворе. γ-Лактон – дегидроаскорбиновая кислота. Получ. см. [ВJ 39, 1 (1945); JBC 216, 539 (1955)].

L-Идуоновая кислота



Крист. $t_{\text{пл}}$ 131 ÷ 132. $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 37 \rightarrow + 33$ ($c = 3$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , MeOH. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 2, 32 (1962); 8, 177 (1980)]. 6 → 3-Лактон: сироп. $[\alpha]_{\text{D}}^{18} + 30$ (в H_2O).

2-Кето-D-глюконовая кислота (2-оксо-D-глюконовая кислота; D-глюкозоновая кислота; фруктуоновая кислота; D-арабиногексулозоновая кислота)



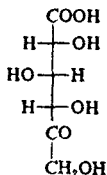
Сироп или гигр. крист. $[\alpha]_{\text{D}} - 99,6$ (K-соль в HCl). Раств-сть: р. H_2O . Са-соль: крист. + $3\text{H}_2\text{O}$; $t_{\text{пл}}$ 153 (разл.); $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 70,8$ ($c = 2$ в H_2O); р. H_2O .

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

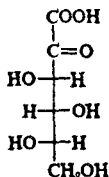
5-Кето-D-глюконовая кислота (5-оксо-D-глюконовая кислота; L-сорбуриновая кислота; D-ксилогексулозоновая кислота)



M 194,1

Неуст. Чернеет и выделяет газ. $[\alpha]_D^{20} - 14,4$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Восстанавливает жидкость Фелинга. Са-соль: крист. + $3\text{H}_2\text{O}$; $[\alpha]_D - 11,7$ (в разб. HCl); раств-сть: 0,2 H_2O .

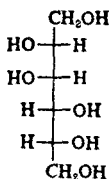
2-Кето-L-гулоповая кислота (2-оксо-L-гулоновая кислота; L-ксило-2-гексулозоновая кислота)



M 194,1

Крист. + $1\text{H}_2\text{O}$. $t_{\text{пл}} 171$. $[\alpha]_D - 48$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . В раств. гл. обр. соединение с 2,6-лактольным кольцом и очень немного свободной кисл. В тв. состоянии — либо свободная кисл., либо 1,4-лактон, оба + $1\text{H}_2\text{O}$. Быстро восстанавливает жидкость Фелинга при кипячении. 1,4-Лактон оксо-таутомер аскорбиновой кислоты.

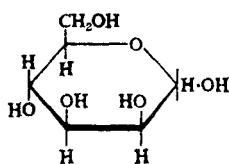
D-Маннит (D-маннитол)



M 182,2

Иглы. $t_{\text{пл}} 166 \div 168$. $[\alpha]_D + 28,6$ (в раств. бур). Раств-сть: 15,6¹⁸ H_2O ; р. гор. EtOH ; м.р. пир.; н.р. эф. Сладковатый вкус.

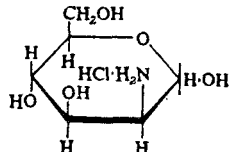
D-Манноза (семипоза; карубиноза)



M 180,2

Получают в виде α - и β -формы. α : крист. масса $t_{\text{пл}} 133$. $[\alpha]_D^{20} + 29,3 \rightarrow + 14,2$ ($c = 4$ в H_2O). β : Иглы. $t_{\text{пл}} 132$. $[\alpha]_D^{20} - 17,0 \rightarrow + 14,2$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: 248¹⁷ H_2O ; умеренно р. EtOH , MeOH ; н.р. эф.

D-Маннозамин гидрохлорид



M 215,6

Крист. $t_{\text{пл}} 178 \div 180$. $[\alpha]_D^{20} - 4,6$ ($c = 10$ в 5%-ной HCl). $pK_a 7,28$. Раств-сть: р. H_2O , MeOH . Восстанавливающий сахар.

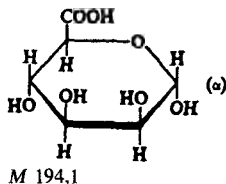
Свободное основание: M 179,2

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

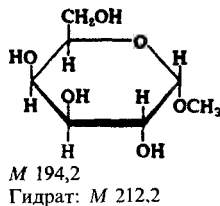
Свойства

D-Маннуровая кислота
(маннурон)



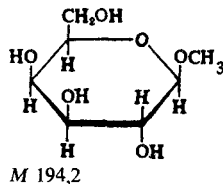
α : о. гигр. микроиглы + 1H₂O. Спекается при 110. Темнеет при 120–130. $[\alpha]_D^{25} + 16,01 \rightarrow -6,05$ (в H₂O). Раств-сть: р. H₂O. β : микрокрист. $t_{пл} 165 \div 167$. $[\alpha]_D^{25} - 47,9 \rightarrow -23,94$ (в H₂O). Раств-сть: р. H₂O. Легко образует 6 $\rightarrow$ 3-лактон. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 2, 35 (1963); JCS 1944, 587]. 6 $\rightarrow$ 3-Лактон (D-маннурон): крист. $t_{пл} 197 \div 199$; $[\alpha]_D^{21} + 71 \rightarrow +92$ ($c = 1$ в H₂O). Na-соль: крист. порошок; р. H₂O. K-соль: крист. + 1H₂O; р. H₂O.

α -Метил-D-галактопира-
нозид (α -метилгалак-
тозид)



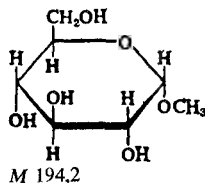
Иглы + 1H₂O: $t_{пл} 111 \div 112$ (безводн.). $[\alpha]_D + 196$ (в H₂O, безводн. форма). Раств-сть: р. H₂O, MeOH. Невосстанавливающий сахар.

β -Метил-D-галактопира-
нозид (β -метилгалакто-
зид)



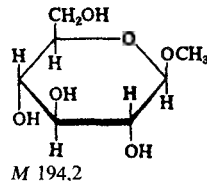
Крист. $t_{пл} 178 \div 180$. $[\alpha]_D + 0,61$ (в H₂O). Раств-сть: р. H₂O, MeOH. Невосстанавливающий сахар.

α -Метил-D-глюкопира-
нозид (α -метилглюкозид)



Крист. масса. $t_{пл} 168$. $[\alpha]_D^{20} + 158$ ($c = 10$ в H₂O). Раств-сть: р. H₂O, MeOH, гор. EtOH. Невосстанавливающий сахар.

β -Метил-D-глюкопира-
нозид (β -метилглюкозид)



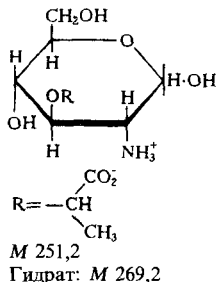
Крист. + 1/2 H₂O. $t_{пл} 110$ (безводн.). $[\alpha]_D - 31$ ($c = 8$ в H₂O, на безводн. форму). Раств-сть: р. H₂O, MeOH. Невосстанавливающий сахар.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

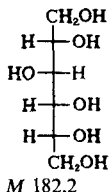
Свойства

Мурамовая кислота
(2-амино-3-О-(1-карбоксилитил)-2-дезоксид-глюкоза)



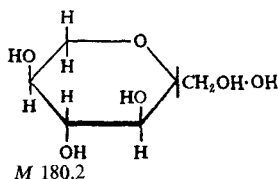
Крист. + $1\text{H}_2\text{O}$ из водн. EtOH. $t_{\text{пл}}$ 152 ÷ 154 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 155 \rightarrow +110$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , MeOH; о. п. р. EtOH. Природный изомер - α -форма. Восстанавливающий сахар. Положительная р-ция Моргана - Элсона. Получ. см. [Biochem. Preps. 10, 106, 109 (1963); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 250 (1962); JCS 1965, 2975; J. Org. Chem. 30, 448 (1965)]. N-Ацетильное производное: $t_{\text{пл}}$ 119 120; $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 60 \rightarrow +40$ ($c = 1,2$ в H_2O).

Сорбит (D-сорбитол;
D-глюцитол; глюцит)



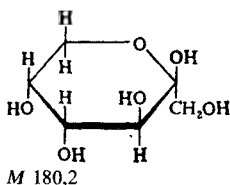
Иглы + $1\text{H}_2\text{O}$. М. гигр. $t_{\text{пл}}$ 75 (гидрат); 97 (безводн.). $[\alpha]_{\text{D}} - 2,0$ (в H_2O); + 6,5 (в раств. буре); + 30,9 (в NH_4 -молибдате). Раств-сть: х. р. H_2O ; р. гор. EtOH; о. п. р. хол. EtOH; н. р. эф. Сладкий вкус (60% по ср. с сахарозой).

L-Сорбоза (L-сорбиноза;
2-оксо-L-ксилогексоза)

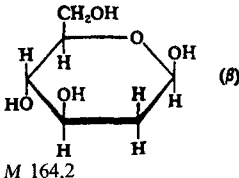
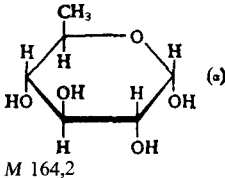
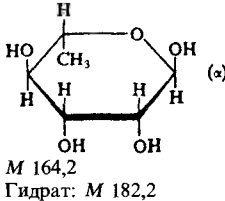
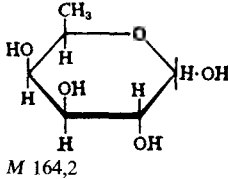
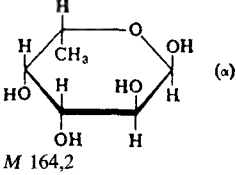


Ромб. крист. $t_{\text{пл}}$ 165. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 43,7 \rightarrow -43,4$ ($c = 12$ в H_2O) (мутаротационный комплекс). Раств-сть: 55¹⁷ H_2O ; умеренно р. гор. EtOH, MeOH. Не сбраживается дрожжами. Положительная р-ция Селиванова. Сладость, как у сахарозы.

D-Фруктоза (левулоза;
фруктовый сахар)



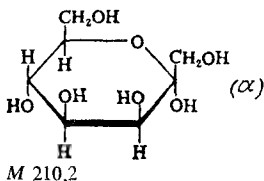
Получают в виде β -формы. О. гигр. бесц. призмы или иглы. $t_{\text{пл}}$ 103 ÷ 105 (разл.). $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 132,2 \rightarrow -92,4$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: 375²⁰, 740⁵⁵ H_2O ; р. MeOH, EtOH, пир., ал., лед. укс. кисл. Безводн. форма уст. при темп. > 21,4°C. Способна гидратироваться с образованием полугидрата (и дигидрата) при темп. < 20°C. Перекр. из MeOH. Положительная реакция Селиванова. Крист. сахар β -D-пираноза, но в раств. содержится $\geq 15\%$ фуранозной формы и значит. кол-во открытой линейной формы. В составе соединений найдена только фуранозная форма. Сладкий вкус.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Дезоксигексозы		
2-Дезокси-D-глюкоза (D-2-глюкодезоза; 2-дезокси-D-арабиногексоза)		Получают в виде β-формы. Крист. $t_{пл}$ 148. $[\alpha]_D^{17} + 38,5 \rightarrow +45,9$ ($c = 0,5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , EtOH. Получена также α-форма.
6-Дезокси-D-глюкоза (D-глюкометилоза; D-изорамноза; D-эпирамноза; изордеоза; чиновоза; квиновоза)		Получают в виде α-формы. Крист. $t_{пл}$ 146. $[\alpha]_D^{20} + 73,3 \rightarrow +29,7$ ($c = 8$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , EtOH; н. р. эф., ап. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 198 (1962); 6, 177 (1972); Carbohydr. Res. 36, 392 (1974)].
L-Рамноза (L-маниометиллоза; 6-дезокси-L-манноза)		α: бесцв. крист. + $1H_2O$ из H_2O . $t_{пл}$ 94. $[\alpha]_D^{20} - 8,6 \rightarrow +8,2$ ($c = 4$ гидрата в H_2O). β: безводн., иглы из ап. Гигр. $t_{пл}$ 123 ÷ 126. $[\alpha]_D^{20} + 38,4 \rightarrow +8,9$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: 57 ¹⁸ , 109 ⁴⁰ H_2O ; р. EtOH, MeOH; н. р. эф., бенз. Не сбраживается дрожжами. О. сладкий вкус. Гидрат α-аномера теряет H_2O и при нагрев. превращается в β-форму. β-Аномер превращается в α на влажном возд.
D-Фукоза (D-родеоза; D-галактометилоза; 6-дезоксид-галактоза)		α: иглы. $t_{пл}$ 145. $[\alpha]_D^{20} + 153 \rightarrow +76$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH; н. р. эф. Не сбраживается дрожжами. Сладкий вкус.
L-Фукоза (L-родеоза; L-галактометилоза; 6-дезоксид-L-галактоза)		Получают в виде α-формы. Иглы. $t_{пл}$ 145. $[\alpha]_D^{20} - 152,6 \rightarrow -75,9$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH. Не сбраживается дрожжами.

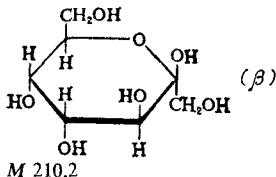
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

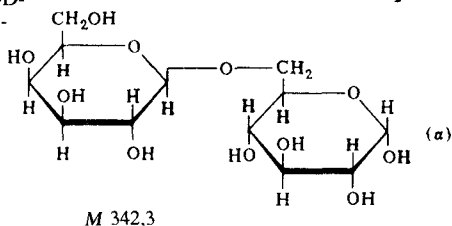
Свойства

Гептозы и родственные соединения**D-Манногептулоза (D-маннооксогоптулоза)**

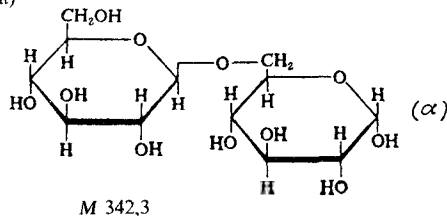
Призмы. $t_{пл}\ 152$. $[\alpha]_D + 29,2$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; умеренно р. $EtOH$. Не сбраживается дрожжами. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 173, 175 (1962)].

Седогептулоза (D-альтрогептулоза)

Сироп. $[\alpha]_D + 8,2$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; умеренно р. $EtOH$. В раств., особ. в кисл., сахар образует ангидросоединение (седогептулозан). Не сбраживается дрожжами. Седогептулозан (2,7-ангидро-D-альтрогептулоза): призмы + $1H_2O$; $t_{пл}\ 101 \div 102$; безводн. призмы из $MeOH$; $t_{пл}\ 155 \div 156$; $[\alpha]_D^{20} - 146$ ($c = 2$ безводн. в H_2O); р. H_2O . Невосстанавливающий сахар. Безводн. форма уст. при хранении в эксикаторе, гидрат уст. на возд. В раств. уст. к шел.; в кисл. частично гидрол. до седогептулозы (9% седогептулозы при $20^\circ C$). Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 167 (1962)].

Олигосахариды**Аллолактоза (6-O- β -D-галактопиранозил-D-глюкопираноза)**

Иглы. $t_{пл}\ 174 \div 176$ (разл.). $[\alpha]_D^{18} + 54,2 \rightarrow + 30,7$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Получ. см. [Ber. 66, 806 (1933); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 303 (1962)].

Гентиобиоза (амигдалоза; 6-O- β -D-глюкопиранозил-D-глюкопираноза)

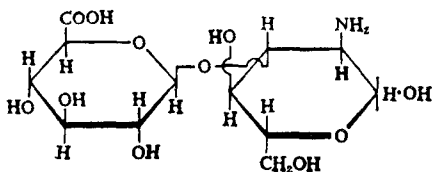
α : крист. + $2MeOH$. $t_{пл}\ 86$; $[\alpha]_D^{20} + 21,4 \rightarrow + 8,7$ ($c = 5$ алкоголята в H_2O). β : крист. $t_{пл}\ 190 \div 195$. $[\alpha]_D^{20} - 11 \rightarrow + 9,6$ (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , гор. $EtOH$, гор. $MeOH$. Обычно получают в виде β -формы. Восстанавливающий сахар. Не сбраживается дрожжами верхового брожения.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

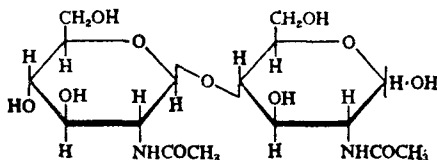
Гиалобиуроновая кислота
(2-амино-2-дезоксиг-3-О-
(β-D-глюкопиранозилуро-
новая кислота)-D-глюко-
пираноза)



M 355,3

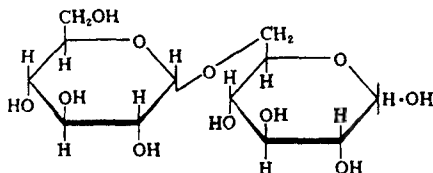
Гидрат: M 373,3

N, N'-Диацетилхитобиоза
(хитобиоза; 2-ацетамидо-
2-дезоксиг-4-О-(2-ацетамидо-
2-дезоксиг-β-D-глюкопира-
нозил)-D-глюкопира-
ноза)



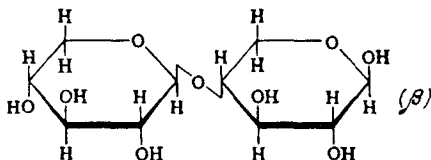
M 424,4

Изомальтоза (брахиоза;
6-О-α-D-глюкопиранозил-
D-глюкоза)



M 342,3

Ксилобиоза (4-О-β-D-кси-
лопиранозил-β-D-ксилоза)



M 282,3

Крист. + 1H₂O; теряет H₂O над P₂O₅ при 80°C. $t_{пл}$ 190 (разл.). $[\alpha]_D^{25} + 22,5^{23}$ ($c = 1$ в 1,0 M HCl); + 34 → + 30²⁴ ($c = 1$ в 0,1 M HCl). Раств-сть: р. разб. кисл. Восстанавливающий сахар. Получ. см. [JBC 205, 205 (1953); JACS 84, 3029, 3030 (1962)]. N-Ацетил: $[\alpha]_D + 31$ до + 32 (в H₂O).

Крист. $t_{пл}$ 245 ÷ 247 и 260 ÷ 264. $[\alpha]_D^{27} + 32,3 \rightarrow + 16,0$ ($c = 0,74$ в H₂O). Раств-сть: р. H₂O. Восстанавливающий сахар; выделен, но не охарактеризован сахар, не содержащий ацетильной группы. Получ. см. [Biochem. Preps. 13, 14 (1971); BBA 83, 245 (1964); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 305 (1962)].

Аморфн. $t_{пл}$ 120. $[\alpha]_D^{25} + 119 \rightarrow + 122$ (в H₂O). Раств-сть: р. H₂O, MeOH. Восстанавливающий сахар: не сбраживается дрожжами. Получ. см. [Biochem. Preps. 10, 86 (1963); Meth. Carbohydr. Chem. 1, 316, 319 (1962)].

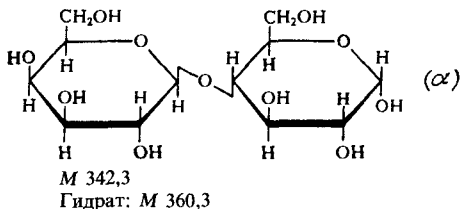
Крист. $t_{пл}$ 186 ÷ 187. $[\alpha]_D^{25} - 32 \rightarrow - 25$ ($c = 1$ в H₂O). Раств-сть: р. H₂O. Восстанавливающий сахар. Не сбраживается дрожжами. Получ. см. [JACS 74, 3059, 3609 (1952); JCS 1961, 3674; J. Org. Chem. 26, 4609 (1961)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

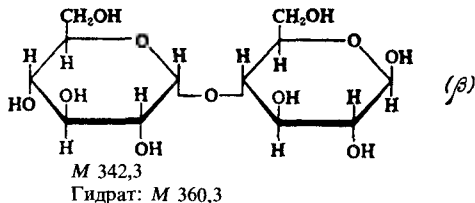
Свойства

Лактоза (молочный сахар; лактобиоза; 4-О-β-D-галактопиранозил-D-глюкопираноза)



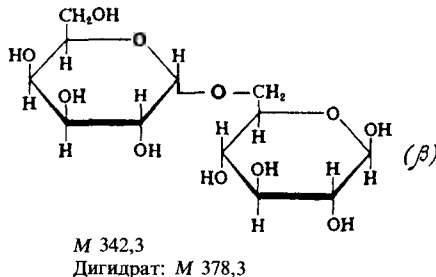
α: крист. + 1H₂O. $t_{пл}$ 202 (гидрат); 223 (безводн.). $[\alpha]_D^{20} + 85,0 \rightarrow + 52,6$ ($c = 7,6$ гидрата в H₂O); + 89,4 $\rightarrow$ + 55,4 (безводн. основание). β: безводн. $t_{пл}$ 252. $[\alpha]_D^{20} + 34,9 \rightarrow + 55,4$ ($c = 4$ в H₂O). Раств-сть: 21,6²⁵, 139⁸⁹ H₂O; м.р. лед. укс. кисл.; н.р. MeOH, EtOH, эф. Обычно получается в виде моногидрата α-лактозы, который теряет H₂O при 130°C и при 70°C в вакууме. Безводн. α- и β-формы гигр. Восстанавливающий сахар. Сбраживается лактозными дрожжами и адаптированными к лактозе дрожжами.

Мальтоза (мальтозный сахар; мальтобиоза; 4-О-α-D-глюкопиранозил-D-глюкопираноза)



Получают в виде β-формы. Тонкие иглы + 1H₂O. $t_{пл}$ 102 ÷ 103 (гидрат); 160 ÷ 165 (безводн.). $[\alpha]_D^{20} + 111,7 \rightarrow + 130,4$ ($c = 4$ гидрата в H₂O). Раств-сть: 108²⁰ H₂O; о.п.р. EtOH; н.р. эф. Восстанавливающий сахар. Сбраживается дрожжами в присутствии глюкозы.

Мелибиоза (6-О-α-D-галактопиранозил-D-глюкопираноза)



α: крист. + 1H₂O. $t_{пл}$ 179 ÷ 181. $[\alpha]_D^{23} + 157 \rightarrow + 137$ ($c = 1$ гидрата в H₂O). β: крист. + 2H₂O. $t_{пл}$ 82 ÷ 85 (разл.). $[\alpha]_D^{20} + 111,7 \rightarrow + 129,5$ ($c = 4$ гидрата в H₂O). Раств-сть: р. H₂O; о.п.р. EtOH. Первоначально получен в виде β-аномера, но коммерческие препараты могут быть в виде α-формы. Восстанавливающий сахар. Сбраживается дрожжами низового брожения, но, как правило, не дрожжами верхового брожения.

Раффиноза (6^{Gal}-α-галактозилсахароза)

α-D-Галактозил-*p*-(1 → 6)-α-D-глюкозил-*p*-(1 → 2)-β-D-фруктозид *f*
 M 504,4
Гидрат: M 594,5

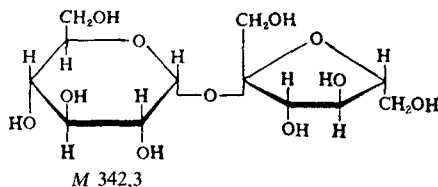
Бел. призмы + 5H₂O. $t_{пл}$ 78 (гидрат); 118 ÷ 120 (безводн.). $[\alpha]_D^{20} + 104,8$ (гидрат в H₂O). Раств-сть: 14,3²⁰ H₂O; 9,8 MeOH; х.р. пир.; н.р. EtOH. Невосстанавливающий сахар. Сбраживается дрожжами низового брожения.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

Сахароза (тростниковый сахар; 1-О-α-D-глюкопиранозил-β-D-фруктофуранозид)



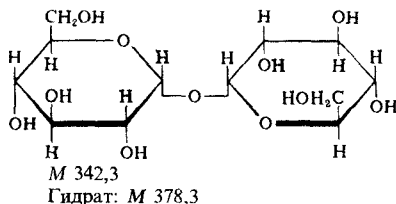
Существует в А- и В-формах. А: крист. из EtOH и большинства раств.-лей. $t_{пл}\ 188$. В: крист. из MeOH. $t_{пл}\ 169 \div 170$. $[\alpha]_D^{20} + 66,53$ ($c = 26$ в H_2O). Раств-сть: 180^0 , 197^{15} , 487^{100} H_2O ; м.р. EtOH, MeOH; н.р. эф., бенз., ал., $CHCl_3$. А-форма уст. крист. форма. Невосстанавливающий сахар. Сбраживается дрожжами. Щел. раств. диазоурацила становится сине-зеленым только в присутствии сахарозы или других олигосахаридов, имеющих в качестве компонента сахарозу, напр. рафинозы (реакция Рейбина).

Стахиоза (люпеоза; 6^{Gal}-α-галактозилрафиноза)

α-D-Галактозил-*p*-(1 → 6)-α-D-галактозил-*p*-(1 → 2)-β-D-фруктозид *f*
 $M\ 666,6$
 Гидрат: $M\ 738,7$

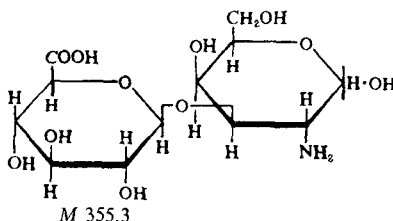
Тонкие крист. + $4H_2O$. $t_{пл}\ 101 \div 105$ (гидрат). $[\alpha]_D^{25} + 132$ ($c = 9$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Невосстанавливающий сахар. Получ. см. [Meth. Carbohydr. Chem. 1, 368 (1962)].

α, α-Трегалоза (мукоза; 1-О-α-D-глюкопиранозил-α-D-глюкопиранозид)



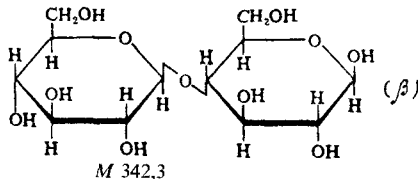
Крист. + $2H_2O$. $t_{пл}\ 97$. Безводн. $t_{пл}\ 203$. $[\alpha]_D + 178,3$ ($c = 7$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , гор. EtOH; н.р. эф. Невосстанавливающий сахар. Сбраживается многими дрожжами.

Хондрозин (2-амино-2-дезоксигалактозил-3-О-(β-D-глюкопиранозилуриновая кислота)-D-галактопираноза)



Тонкие иглы. $[\alpha]_D^{24} + 42$ ($c = 2$ в H_2O); + 40 ($c = 1$ в 0,05 M HCl). Раств-сть: р. разб. кисл. Восстанавливающий сахар. Получ. см. [JACS 74, 1491 (1952); 76, 5686 (1954); 84, 3029 (1962)]. N-Ацетилхондрозин: $[\alpha]_D^{25} + 32,5$ (в H_2O); получ. см. [JBC 240, 992 (1965)].

Целлобиоза (целлоза; 4-О-β-D-глюкопиранозил-D-глюкопираноза)



Получают в виде β-формы. Бесцв. иглы; темнеет при 180, разл. 225. $[\alpha]_D^{20} + 14,2 \rightarrow + 34,6$ ($c = 8$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O ; н.р. EtOH, эф. Восстанавливающий сахар. Не сбраживается дрожжами.

Нуклеозиддифосфосахара

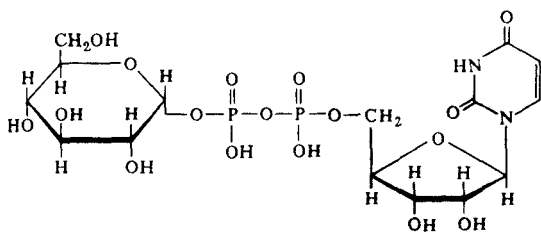
Нуклеозиддифосфатные производные большинства наиболее распространенных сахаров имеют сходную общую структуру и обладают очень близкими химическими и физическими свойствами. Характерные свойства нуклеозиддифосфосахаров, а также типичные примеры таких соединений включены в «Обзор свойств». Индивидуальные родственные нуклеотидные производные соединений углеводов, имеющие отличные (от приведенной) структуры и/или свойства, рассмотрены далее отдельно. См. обзоры [Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. **28**, 307 (1973); **26**, 352 (1971)].

Соединение (синонимы)	Структура	Свойства
-----------------------	-----------	----------

Обзор свойств

Нуклеозиддифосфосахара (NDP-сахар; нуклеозид-5'-дифосфосахар; нуклеозиддифосфатсахар; нуклеозид-5'-(сахарпирофосфат))

Например:



уридин-5'-дифосфо-α-D-глюкопираноза (UDP-глюкоза)

Структура: у природных соединений нуклеозидным остатком могут быть аденозин, гуанозин, цитидин, уридин или (дезокс)тимидин. Сахар связан с фосфатной группой через аномерный атом углерода, напр. C-1 у альдоз и их производных. У природных соединений гликозидная связь обычно имеет α-конфигурацию для D-сахаров и β-конфигурацию для L-сахаров. Обычно сахарное кольцо — пираноза. **Раств.-сть:** р. H₂O; н.р. MeOH, EtOH, эф., ап. **Спектр:** спектр аналогичен спектру соответ. нуклеозиддифосфатного остатка. **Уст:** сахарофосфатный узел в нуклеозиддифосфосахарах менее уст. к кисл. обработке, чем у соответ. сахаро-1-фосфата. Полн. гидрол. 0,01 M HCl при 100°C за 10–15 мин с образованием нуклеозид-5'-дифосфата и сахара. Более длительное время инкубации или более сильн. кисл. (напр., 1 M HCl, 100°C, 15 мин) дает нуклеозид-5'-фосфат, P_i и сахар. Щел. гидрол. (напр., pH 8,5, 100°C, 2 мин или конц. NH₃, 0°C, 30 мин) UDP-α-D-глюкозы приводит к образованию уридин-5'-фосфата и глюкозо-1,2-циклофосфата. Соединения, которые могут образовывать 1,2-циклофосфаты, лабильны в щел., другие из-за отсутствия 2-гидроксила или стерически неблагоприятного взаимного расположения заместителей у C-1 и C-2 (напр., NDP-α-D-манноза) уст. в щел. Тв. соли (Na, K, Li, Ba и др.) гигр., но уст. при хранении в сухом виде при ≤4°C. **Получение:** большинство нуклеозиддифосфосахаров можно синтезировать химическими методами [JACS **83**, 659 (1961); Meth Enzymol. **8**, 136, 142 (1966); BBA **91**, 1 (1964); Analyt. Biochem. **13**, 405 (1965)]. Ниже при рассмотрении индивидуальных соединений при необходимости цитирована литература, касающаяся методов их выделения, а также получения с помощью ферментативных методов.

Название (сокращение)	<i>M</i>	Свойства
Некоторые индивидуальные соединения		
Аденозин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза (ADP-глюкоза)	<i>M</i> 589,3	Лабильна в щел. с образованием AMP и глюкозо-1,2-циклофосфата. Синт. ферментативно из ATP и α -D-глюкозо-1-фосфата. Участвует в синт. крахмала. Получ. см. [ABB 106, 371 (1964); Meth. Enzymol. 28, 279 (1972)].
Гуанозин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза (GDP-глюкоза)	<i>M</i> 605,3	Получ. см. [JBC 237, 1260 (1960)].
Гуанозин-5'-дифосфо- α -D-маннопираноза (GDP-манноза)	<i>M</i> 605,3	Уст. к мягкой щел. обработке. Образуется ферментативно из GTP и α -D-маннозо-1-фосфата. Получ. см. [Meth. Enzymol. 6, 777 (1963); 8, 145 (1966); 28, 281 (1972); Anal. Biochem. 18, 464 (1967); ABB 122, 17 (1967)].
Гуанозин-5'-дифосфо- β -L-фукоза (GDP-фукоза)	<i>M</i> 589,3	Образуется путем NADPH-зависимого восстановления GDP-маннозы. Получ. см. [JBC 243, 1110 (1968); 246, 5154 (1971); Meth. Enzymol. 8, 293 (1966); 28, 285 (1972)].
Тимидин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза ((d)TDP-глюкоза)	<i>M</i> 564,4	Образуется из TTP и глюкозо-1-фосфата. Получ. см. [JBC 236, 1791 (1961); 237, 3014 (1962); Meth. Enzymol. 28, 287 (1972)].
Тимидин-5'-дифосфо- β -L-рамноза ((d)TDP-рамноза)	<i>M</i> 548,4	Лабильна в щел., образуя (d)TMP и L-рамнозо-1,2-циклофосфат. Образуется ферментативно из TDP-глюкозы. Получ. см. [BBA, 44, 478 (1960); BJ 81, 114 (1961); JBC 236, 1795 (1961)].
Уридин-5'-дифосфо-2-ацетамидо-2-дезоксиг- α -D-галактопираноза (UDP-N-ацетилгалактозамин)	<i>M</i> 607,4	$[\alpha]_D^{25} + 81,7$ ($c = 0,8$ Li-соль в H_2O). Уст. в мягких щел. усл. Получ. см. [Biochem. 3, 402 (1964); Meth. Enzymol. 8, 147 (1966); 28, 271, 274 (1972); Anal. Biochem. 91, 490 (1978)].
Уридин-5'-дифосфо-2-ацетамидо-2-дезоксиг- α -D-глюкопираноза (UDP-N-ацетилглюкозамин)	<i>M</i> 607,4	$[\alpha]_D^{25} + 54,6$ ($c = 1,0$ безводн. Li-соль в H_2O). Уст. к щел. гидрол. Получ. см. [Meth. Enzymol. 6, 777 (1963); 28, 271 (1972); Meth. Biochem. Anal. 10, 107 (1962); Anal. Biochem. 91, 490 (1978)].
Уридин-5'-дифосфо- α -D-галактопираноза (UDP-галактоза)	<i>M</i> 566,4	Лабильна в щел. Образуется ферментативно путем эпитеризации UDP-глюкозы или из UTP и α -D-галактозо-1-фосфата. Получ. см. [JACS 81, 6514 (1959); Anal. Biochem. 8, 362 (1964); J. Biochem. Tokyo 56, 145 (1964)].
Уридин-5'-дифосфо- α -D-галактуроновая кислота (UDP-галактуроновая кислота)	<i>M</i> 580,3	Образуется ферментативно путем эпитеризации UDP-глюкуроновой кислоты. Получ. см. [ABB 78, 401 (1958); PNAS 54, 1626 (1965); JBC 235, 910 (1960)].
Уридин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза (UDP-глюкоза)	<i>M</i> 566,4	Образуется ферментативно из UTP и α -D-глюкозо-1-фосфата. Получ. см. [BBA, 26, 146 (1957); 104, 594 (1965); Meth. Enzymol. 6, 777 (1963); Biochem. Preps. 8, 125 (1961)].

Название (сокращение)	M	Свойства
Уридин-5'-дифосфо- α -D-глюкуроновая кислота (UDP-глюкуроновая кислота)	M 580,3	$[\alpha]_D^{25} + 54,5$ ($c = 1$ безводн. Li-соль в H_2O). pK_a (COOH) 4,4. В тв. состоянии медл. разл. при комн. т. Гидрол. 0,01 M HCl при 100°C за 15 мин дает гл. обр. UDP + глюкуроновую кислоту, а также небольшие кол-ва UMP и глюкуроновой кислоты-1-фосфата. Получ. см. [ABB 78, 401 (1958); JBC 235, 910 (1960); Biochem. 1, 1171 (1961)].
Уридин-5'-дифосфо- α -D-ксилопираноза (UDP-ксилоза)	M 536,3	Образуется ферментативно из UTP и α -D-ксилозо-1-фосфата или (наряду с UDP-L-арабинозой) в результате декарбоксилирования UDP-глюкуроновой кислоты. Получ. см. [JBC. 223, 977 (1956); Meth. Enzymol. 6, 782 (1963)].

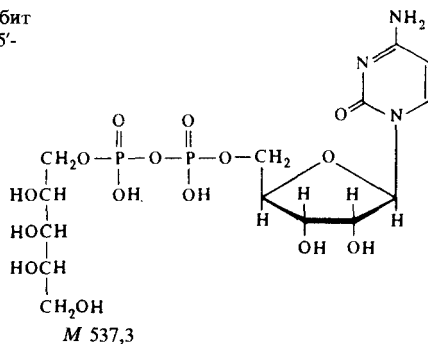
Соединение

Формула и молекулярная масса

Свойства

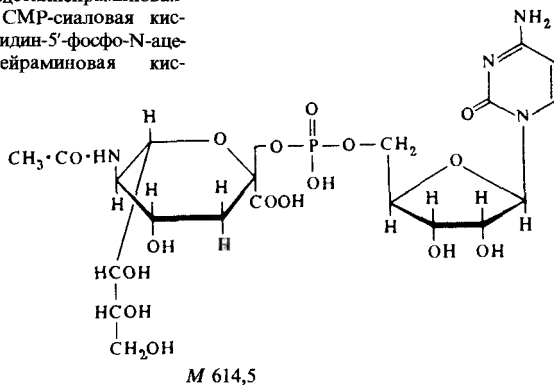
Другие родственные нуклеотиды

Цитидин-5'-дифосфорит (CDP-рибит; цитидин-5'-(L-рибит-1-дифосфат))



Участвует в синт. тейхоевых кисл. в грамположительных бактериях. Очень лабилен и в кисл., и в щел. 19% гидрол. при pH 2 и 20°C за 18 ч. Полн. гидрол. до цитидин-5'-фосфата и рибит-1,2-дифосфата в 8 M NH_4OH при 100°C за 30 мин. Остаток рибит-1-фосфата имеет L-конфигурацию (эквивалентную D-рибит-5-фосфату). Получ. см. [JBC 241, 639 (1966); 239, 3178 (1964); BJ 82, 297 (1962); JACS 83, 653 (1961); Meth. Enzymol. 8, 423 (1966)].

Цитидин-5'-монофосфо-N-ацетилсейраминная кислота (CMP-N-ацетилсейраминная кислота; CMP-сиаловая кислота; цитидин-5'-фосфо-N-ацетил- β -D-нейраминная кислота)



Бел. аморф. порошок. Раств-сть: р. H_2O ; н.р. MeOH, ап., эф. В сухом состоянии при -20°C разл. на 5-10% в сут до CMP и N-ацетилсейраминной кислоты. Чрезвычайно лабильна в кисл.; полн. гидрол. за 1 ч при 37°C и pH ≤ 4 ; в 0,01 M HCl при 23°C гидрол. на 83% за 5 мин. Более уст. при нейтр. и слабощел. pH, но полн. разл. за несколько мин. при нейтр. pH и 100°C и медл. разл. при высоких pH и комн. т. Получ. см. [JBC 237, 3527 (1962); 241, 5637 (1966); Meth. Enzymol. 8, 208 (1966); Exptl. Cell. Res. 69, 384 (1971); ZPC 353, 883 (1972); BJ 177, 1 (1979)].

8. Липиды и жирные кислоты с длинными углеводородными цепями

Замечание. Жирорастворимые витамины, каротиноиды, стероидные гормоны и жирные кислоты с числом атомов углерода, меньшим 8, включены в другие разделы.

Используемая литература

Ansell G. B., Hawthorne J. N., Dawson R. M. C., Form and Functions of phospholipids, 2nd ed., Elsevier, 1973.

Kates M., Techniques of lipidology: isolation, analysis, and identification of lipids, North-Holland, 1972.

Gurr M. I., James A. T., Lipid biochemistry, 2nd ed., Chapman Hall, 1975.

Gunstone F. D., An introduction to the chemistry and biochemistry of fatty acids and their glycerides, 2nd ed., Chapman Hall, 1967.

Christie W. W., Lipid analysis, Pergamon (1973).

Hitchcock C., Nichols B. W., Plant lipid biochemistry, Academic Press, 1971.

Johnson A. R., Davenport J. B. (eds.), Biochemistry and methodology of lipids, Wiley Interscience, 1971.

Marinetti G. V. (ed.) Lipid chromatographic analysis, 2nd ed., Vols. 1, 2, 3, Marcel Dekker, 1976.

Номенклатура липидов приведена в работах [EJB 2, 127 (1967); BJ 105, 897 (1967); BJ 171, 21 (1978)].

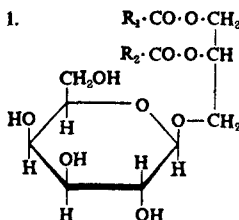
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Азелаиновая кислота (нонандикислота; гептаметилен-1,7-дикарбоновая кислота; гептандикарбоновая-1,7 кислота; лепаргиловая кислота)	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ M 188,2	$t_{\text{пл}}$ 107. $t_{\text{кип}}$ 225,5 ¹⁰ ; 286,5 ¹⁰⁰ . Раств-сть: 0,1 ⁰ , 0,212 ²² , 1,648 ⁵⁵ H ₂ O; р. эф.; х. р. EtOH. Бесцв. иглы или листочки. Продукт окисл. расщепления олеиновой кисл.
Арахидоновая кислота (эйкозатетраен-5,8,11,14-овая кислота)	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot (\text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}_2)_3 \cdot \text{CH}$ $\begin{array}{c} \parallel \\ \text{CH} \\ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ M 304,5	$t_{\text{пл}}$ -49,5. Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. эф. Встречается только в животных жирах. «Ключевая» жирная кисл., получаемая in vivo из линолевой кисл. Предшественник простагландинов.
Арахиновая кислота (n-эйкозановая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$ M 312,5	$t_{\text{пл}}$ 75,4. Раств-сть: 0,45 ²⁰ EtOH; р. CHCl ₃ , бенз., эф. Крист. пластинки из EtOH. Найдена в овощах, рыбьем жире и молоке.
Бегеновая кислота (n-докозановая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$ M 340,6	$t_{\text{пл}}$ 81. Раств-сть: умеренно р. H ₂ O, EtOH; м. р. эф.; р. CHCl ₃ . Бесцв. иглы. Содержится в маслах земляного ореха, семян репы и горчицы.
Вакценовая кислота (11-октадеценовая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$ M 282,4	Цис: $t_{\text{пл}}$ 6,8. Транс: $t_{\text{пл}}$ 42,5. Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. CHCl ₃ , аш., эф. транс-Изомер присутствует в сливочном масле, мясном жире; цис - в липидах многих бактерий.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

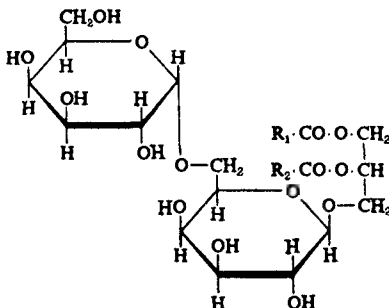
Свойства

Галактоглицериды (галактозилглицериновые эфиры: 1-моногалактозилдиглицерид; 2-дигалактозилдиглицерид)



$$M \ 398,2 + R_1 + R_2$$

2. 2,3-диациловый эфир α -D-галактопиранозил-1,6- β -D-галактопиранозил-1-глицерин;
 $M \ 470,4 + R_1 + R_2$



R_1, R_2 остатки жирных кислот

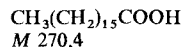
Ганглиозиды (группа ацилсфингозилолигосахаридов, содержащих сиаловую кислоту)

Как правило, имеют следующую общую структуру:
 N-ацилсфингозин-глюкозо-галактозо-N-ацетил-галактозамингалактоза, с которой связана одна или более молекул N-ацетилнейраминовой кислоты [J. Neurochem. **10**, 613 (1963)]. Структуру моносиалоганглиозида см. [Ber. **96**, 866 (1963)].

Моногалактозилглицерин (1): $t_{\text{пл}} \ 139 + \div 140$. $[\alpha]_D^{27} + 3,77$. Раств-сть: р. MeOH. Дигалактозилглицерин (2): $t_{\text{пл}} \ 182 + 184$. $[\alpha]_D^{27} + 86,4$. Раств-сть: р. H_2O . 1 и 2 перекр. из H_2O -EtOH-раств.; найдены в липидах зеленых листьев, греч., пшеничной муки, водорослей. 1 встречается в нервных тканях; в бактериях галактоза может существовать в фуранозной форме [Bacteriol. Rev. **34**, 365 (1970)]. Для жирных кисл., входящих в состав галактоглицеридов, характерно высокое содержание линолевой кислоты (пшеницы) и линоленовой кислоты (листья).

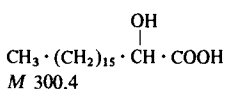
Образуют агрегаты (мицеллы) в водн. раств. Эта группа липидов присутствует в мозге, селезенке и эритроцитах.

Гептадекановая кислота (маргариновая кислота, датуровая кислота, гептадециловая кислота; гептадекоевая кислота)



$t_{\text{пл}} \ 61,3$. Раств-сть: х.р. эф. При $20^\circ C$: 0,00042 H_2O , 9,23 бенз., 2,5 MeOH, 4,17 95%-ный EtOH, 4,28 ац., 0,12 лед. укс. кисл. Бесцв. пластинки. В след. кол-вах найдена во многих природных липидах, напр. в бараньем жире, печеночном жире акул, сливочном масле.

2-Гидроксистеариновая кислота (α -гидроксистеариновая кислота; 2-гидроксиоктадекановая кислота)

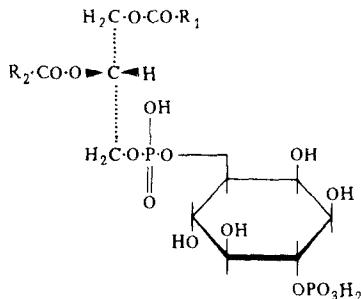


$t_{\text{пл}} \ 91$. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. EtOH, эф.; х.р. гор. бенз. Иглы из $CHCl_3$. Встречается в липидах шерсти и цереброзидах пшеничной муки. Ме-эфир: $t_{\text{пл}} \ 66$.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
10-Гидроксистеариновая кислота (10-гидроксиктадекановая кислота; розиловая кислота)	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} \cdot (\text{CH}_2)_8 \cdot \text{COOH}$ $M 300,4$	$t_{\text{пл}} 81 \div 82$. $t_{\text{кип}} 213 \div 217^\circ$. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. EtOH , эф. Гекс. пластинки. Присутствует в липидах фекалий. Ме-эфир: $t_{\text{пл}} 53 \div 54$.
а-Глицериновые эфиры (а-алкоксиглицериды, когда молекула содержит один или два этерифицированных остатка жирной кислоты и не содержит фосфата; б-алкоксифосфолипиды или эфиры фосфолипидов, когда одна свободная гидроксильная группа глицерина этерифицирована фосфотаноломином (или фосфохолином))	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{R} \\ \\ \text{CH} \cdot \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{OH} \end{array} \quad a$ а-глицериновый эфир $M 91,1 + R$ Глицериновый эфир называется соответственно химилowym, батилowym или селехилowym спиртом, когда $R = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}$, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_8$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{R} \\ \\ \text{CH} \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{R}_1 \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{R}_2 \end{array} \quad б$ алкоксидиглицерид $M 145,1 + R + R_1 + R_2$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{R} \\ \\ \text{R}_1 \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C} \cdot \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{P}(\text{OH})(\text{O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NH}_2) \end{array} \quad б$ 1-алкил-2-ацил-<i>sn</i>-глицеро-3-фосфо-этаноламин R—остаток жирного спирта; R_1, R_2—остатки жирных кислот. $M 241,1 + R + R_1$ (когда в качестве основания присутствует этаноламин)	Химилowy спирт: $t_{\text{пл}} 60,5 \div 61,5$. Батилowy спирт: $t_{\text{пл}} 70 \div 71$. Селехилowy спирт: в норм. усл. жидк. Раств-сть: а р. в раств-ях жирного ряда. Глицериновые эфиры и алкоксидиглицериды найдены в печеночном жире пластиножаберных рыб, костном мозге, селезенке, молоке и жировом депо новорожденных телят. Алкоксифосфолипиды найдены в мозге, эритроцитах, яичном желтке и слизняках.
Дигидросфингозин (сфинганин; <i>эритро</i> -1,3-дигидрокси-2-аминооктадекан)	$M 301,5$	$t_{\text{пл}} 85 \div 87$. Раств-сть: р. EtOH , эф. Бесцв. крист. из петр. эф. и Et -ацетата. Присутствует в цереброзидах мозга, спинного мозга и пшеничной муки. Трибензоильное производное: $t_{\text{пл}} 142 \div 144$. Триацетильное производное: $t_{\text{пл}} 102 \div 103$. N-Ацетильное производное: $t_{\text{пл}} 122 \div 124$.
Дигидрохолестерин (холестанол; 5а-холестанол-3β)	$M 388,6$ $M 406,6$ Изомерен копростеролу, отличаюсь пространственной конфигурацией заместителей у C-5	$t_{\text{пл}} 142 \div 143$. $[\alpha]_D^{20} + 27,4$ (в CHCl_3). Раств-сть: р. CHCl_3 , эф. Гекс. пластинки из EtOH ; $+1\text{H}_2\text{O}$ из 95%-ного EtOH . Образует дигитонинowy комплекс, но не дает цветных р-ций холестерина, которые обусловлены наличием двойной связи. Ацетат: $t_{\text{пл}} 111$. Бензоат: $t_{\text{пл}} 135$.

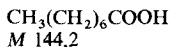
Наименование (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Диглицерид (диацил-глицерин)	$ \begin{array}{cc} 1,2 & \text{CH}_2\text{OCOR}_1 \\ & \\ (\alpha\beta) & \text{CHOCOR}_2 \\ & \\ & \text{CH}_2\text{OH} \end{array} \quad \begin{array}{cc} 1,3 & \text{CH}_2\text{OCOR}_1 \\ & \\ (\alpha\alpha') & \text{CHON} \\ & \\ & \text{CH}_2\text{OCOR}_2 \end{array} $ R_1, R_2 - остатки жирных кислот $M\ 146,1 + R_1 + R_2$ Димиристин: $M\ 512,8$ Дипальмитин: $M\ 568,9$ Дистеарин: $M\ 625,0$ Диолеин: $M\ 621,0$	1,2-Димиристин: $t_{\text{пл}}\ 58,9$. $[\alpha]_D\ -3,3$ (в CHCl_3). 1,2-Дипальмитин: $t_{\text{пл}}\ 68,9$. $[\alpha]_D\ -2,9$ (в CHCl_3). 1,3-Дипальмитин: $t_{\text{пл}}\ 69,5$. 1,2-Дистеарин: $t_{\text{пл}}\ 76,7$. $[\alpha]_D\ -2,8$ (в CHCl_3). 1,3-Дистеарин: $t_{\text{пл}}\ 79$. Раств-сть: н.р. H_2O ; м.р. EtOH , лед. укс. кисл.; р. эф., CHCl_3 , CCl_4 , петр. эф. Обычно более раств. в орг. раств-лях, если остатки (R_1 и R_2) содержат ненас. связи. Диглицерид, содержащийся в тканях или образующийся из фосфолипидов, обычно 1,2-диацил- <i>sn</i> -глицерин (может присутствовать и 1,3-изомер). При хранении, особ. в кисл. усл., может происходить миграция ацила.

Дифосфоинозитид (1-фосфатидилинозит-4-фосфат; 1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфорил-L-1-инозит-4-фосфат)



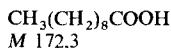
R_1, R_2 - остатки жирных кислот
 $M\ 468,2 + R_1 + R_2$

Каприловая кислота (*n*-октановая кислота)

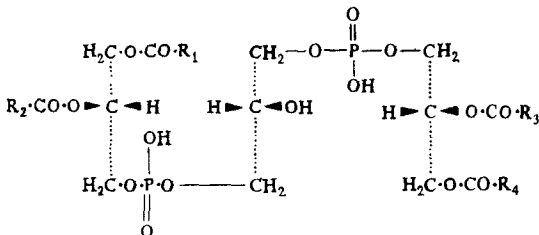
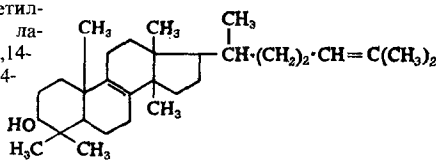
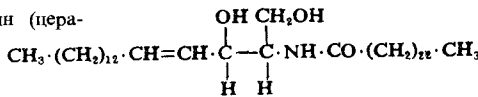


$t_{\text{пл}}\ 16,7$. $t_{\text{кип}}\ 237,5$. Раств-сть (при 20°C): $0,015\ \text{H}_2\text{O}$; ∞ бенз., CHCl_3 , CCl_4 , MeOH , ац., Et -ацетат. Бесцв. листочки или жидк. с прогорклым запахом. $\text{pK}_a\ 4,85$. Pb -соль: н.р. H_2O . Соли Cu и Zn : умеренно р. H_2O .

Каприновая кислота (*n*-декановая кислота)



$t_{\text{пл}}\ 31,6$. $t_{\text{кип}}\ 268 \div 270$. Раств-сть (при 20°C): $0,015\ \text{H}_2\text{O}$, 398 бенз., $326\ \text{CHCl}_3$, $210\ \text{CCl}_4$, $510\ \text{MeOH}$, 407 ац., 567 лед. укс. кисл., $289\ \text{Et}$ -ацетат. Бесцв. иглы, прогорклый запах. Найдена в сливочном масле, кокосовом масле и голове кашалота.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Кардиолипин (дифосфатидилглицерин; бис(1-2-диацил- <i>sn</i> -глицеро-3-фосфо)-1',3'- <i>sn</i> -глицерин)	 R_1, R_2, R_3, R_4 — остатки жирных кислот $M\ 508,3 + R_1 + R_2 + R_3 + R_4$	$[\alpha]_D^{25} + 5,8$ (в EtOH). Раств-сть: н.р. H_2O ; р. ал., $CHCl_3$, эф., EtOH. Свободная кисл. неуст. На-соль: при хранении 18 мес не теряет серологической активности. Найден в митохондриях и некоторых бактериях.
Копростерин (копростанол; 5 β -холестанол-3 β)	См. Холестерин, но без двойной связи. $M\ 388,6$ Изомерен дигидрохолестерину, отличающийся пространственной конфигурацией атома Н у С-5 (т.е. С₅-эпимер холестерина, см. Дигидрохолестерин)	$t_{пл}\ 101$. $[\alpha]_D^{25} + 28$ (в $CHCl_3$). Раств-сть: р. эф., $CHCl_3$, бенз.; м.р. MeOH; н.р. H_2O . Найден в фекалиях; получается при действии кишечных микроорганизмов на холестерин. Ацетат: $t_{пл}\ 89$. Бензоат: $t_{пл}\ 125$.
Ланостерин (ланоста-8,24-диен-3 β -ол; 4,4,14-триметил-холеста-8,24-диен-3 β -ол; ланостадиен-8,24-ол-3 β ; 4,4,14-триметилхолестадиен-8,24-ол-3 β)	 $M\ 426,7$	$t_{пл}\ 139$. $[\alpha]_D^{25} + 60$ (в $CHCl_3$). Раств-сть: н.р. H_2O ; р. раств-ли жирного ряда. Найден в небольших кол-вах во многих природных липидах, напр. липидах шерсти, дрожжах, латексе. Промежуточное соединение при биосинтезе холестерина. Ацетат: $t_{пл}\ 130$. Бензоат: $t_{пл}\ 194$.
Лауриновая кислота (<i>n</i> -додекановая кислота)	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$ $M\ 200,3$	$t_{пл}\ 44,2$. $t_{пл}^{100}\ 225$. Раств-сть: при 20°C 0,0055 H_2O , 93,6 бенз., 83 $CHCl_3$, 53 CCl_4 , 120 MeOH, 105 EtOH, 60,5 ал., 297 лед. укс. кисл., 52 Et-ацетат; х.р. эф. Иглы из EtOH. Широко распространена в организмах животных, растениях и в жирах морских животных.
Лигноцерилсфингозин (церамидная группа)	 $M\ 650,1$	$t_{пл}\ 94 \pm 95$. Раств-сть: р. эф., $CHCl_3$; м.р. ал.
Лигноцериновая кислота (<i>n</i> -тетракозановая кислота)	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$ $M\ 368,6$	$t_{пл}\ 84,2$. Раств-сть: р. эф., EtOH, ал., бенз., лед. укс. кисл., CS_2 . Токие бел. крист. Найдена в растениях и жирах морских животных. Метилловый эфир: $t_{пл}\ 57$. Соли Ag, Pb: $t_{пл}\ 117$.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Лизолецитин (β) (1-ацил- <i>sn</i> -глицеро-3-фосфохолин; лизо-ФХ)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{R} \\ \\ \text{HO} \text{---} \text{C} \text{---} \text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{P} \text{---} \text{O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\ \\ \text{O} \quad \text{OH}^- \end{array} $ R — остаток жирной кислоты Моностеарил: M 541,7 Монопальмитойл: M 513,7	Монопальмитойл: $t_{\text{пл}}$ 195 ÷ 196. $[\alpha]_D^{25}$ –2,2. Моностеарил: $t_{\text{пл}}$ 257,5 ÷ 258,5. $[\alpha]_D^{25}$ –2,87 (в MeOH CHCl_3). Раств-сть: образует эмульсию в H_2O; н. р. эф.; умеренно р. ал.; р. EtOH, лед. укс. кисл., CHCl_3, пир. Моностеариловое производное: иглы. Неустойчив в 1 М KOH при 37°C. Выделяется ферментативно с остатком жирной кислоты на C-1 глицерина. Проявляет свойства детергента.
Линолевая кислота (<i>цис,цис</i> -октадекадиен-9,12-овая кислота; <i>цис</i> -9- <i>цис</i> -12-октадекадиеновая кислота)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot \text{CH} = \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH} \\ \\ \text{CH} \\ \\ (\text{CH}_2)_7 \\ \\ \text{COOH} \end{array} $ M 280,4	$t_{\text{пл}}$ –9 ÷ –8. $t_{\text{кип}}$ 230¹⁶. Раств-сть: н. р. H_2O; ∞ EtOH, эф., CHCl_3. Бесцв. или жел. масло. Поглощает O_2 из возд., образуя густую блестящую массу. В природе кисл. встречается в виде <i>цис</i>, <i>цис</i>-изомера. Обнаружена в растительных маслах, напр. в льняном. Предшественник арахидоновой кисл. в организме животных.
Линоленовая кислота (<i>цис</i> -9, <i>цис</i> -12, <i>цис</i> -15-октадекатриеновая кислота; <i>цис,цис,цис</i> -октадекатриен-9,12,15-овая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ M 278,4	α: $t_{\text{пл}}$ –17 ÷ –16. Раств-сть: н. р. H_2O; р. EtOH, эф., CHCl_3. В природе существует в виде α- или <i>цис,цис,цис</i>-формы. Наиболее распространенная жирная кисл. в зеленых листьях и хлоропластах.
9,10-Метиленгексадекановая кислота	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot (\text{CH}_2)_6 \cdot \text{CH} \text{---} \text{CH} \cdot (\text{CH}_2)_7 \cdot \text{COOH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH}_2 \end{array} $ M 268,4	Me-эфир: $t_{\text{кип}}$ 140^{9,8}. Раств-сть: н. р. H_2O, р. раств-ли жирного ряда. Содержится в липидах некоторых бактерий наряду с др. циклопропановыми жирными кисл., напр. в <i>E. coli</i>. Амид: $t_{\text{пл}}$ (природного препарата) 70 ÷ 72; (синтетического) 79 ÷ 81.
Миристиновая кислота (<i>n</i> -тетрадекановая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ M 228,4	$t_{\text{пл}}$ 52 ÷ 53. $t_{\text{кип}}$ 249¹⁰⁰. Раств-сть: при 20°C 0,002 H_2O, 29,2 бенз., 32,5 CHCl_3, 17,6 CCl_4, 17,3 MeOH, 23,9 EtOH, 15,9 ал., 10,2 лед. укс. кисл., 15,3 Et-ацетат; ум. р. эф. Воскообразные листочки. Широко распространена в природных маслах и жирах.

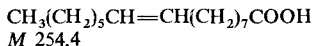
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Моноглицерид (моноацил-глицерин)	CH₂OCOR CHON CH₂OH 1-моноглицерид (α) CH₂OH CHOCOR CH₂OH 2-моноглицерид (β) R остаток жирной кислоты M 119,1 + R Моноолеат: M 356,5 Мономиристат: M 302,3 Монопальмитат: M 330,4 Моностеарат: M 358,5	1-Моноолеат: $t_{пл}$ 35. 1-Монопальмитат: $t_{пл}$ 71 ÷ 72. 2-Монопальмитат: $t_{пл}$ 68,5. $[α]_D^{20}$ -4,4 (в пир.). 1-Моностеарат: $t_{пл}$ 76 ÷ 77. $[α]_D^{20}$ -3,58 (в пир.). 2-Моностеарат: $t_{пл}$ 74,4. Раств-сть: н. р. H ₂ O (дисперсии); м. р. EtOH, MeOH; р. эф., CHCl ₃ , CCl ₄ . Обычно более растворим в орг. раств-лях, если остаток R содержит ненас. связи. Легко происходит миграция ацильной гр., что сопровождается уменьш. $[α]_D$. Образуется при расщеплении жиров (триацилглицеринов) в кишечнике.
Нервоиновая кислота (цис-15-тетракозеновая кислота; ацетозуковая кислота)	CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₁₃COOH M 366,6	Цис: $t_{пл}$ 39. Транс: $t_{пл}$ 61. Раств-сть: р. EtOH, CHCl ₃ , ац. Цис: бел. иглы. Встречается в жирах морских животных и липидах мозга; в природе существует цис-форма.
Олеиновая кислота (цис-9-октадеценовая кислота; транс-изомер-элаидиновая кислота)	CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇COOH M 282,5	Цис, α: $t_{пл}$ 13,4; β: $t_{пл}$ 16,3. Транс: $t_{пл}$ 44,5. Раств-сть: цис и транс н. р. H ₂ O; р. EtOH, бенз., CHCl ₃ , эф., MeOH, ац. Цис: бесцв. иглы. Транс: листочки. Цис-транс-превращение катализируется оксидами азота, сернистой кисл., S, P и Se. Крист. форма ($t_{пл}$ 13,4) медл. превращается в уст. форму ($t_{пл}$ 16,3). Дибромопроизводные олеиновой кислоты: $t_{пл}$ 28,5 ÷ 29; элаидиновой кислоты: $t_{пл}$ 29 ÷ 30. Соль Ca: $t_{пл}$ 83 ÷ 84. Соль Na: $t_{пл}$ 230 ÷ 235.
Олеиновый спирт (цис-9-октадеценол)	CH₃(CH₂)₇CH=CH(CH₂)₇CH₂OH M 268,5	$t_{пл}$ 2. $t_{кип}$ 209 ¹⁵ . Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. EtOH, эф., CHCl ₃ . Компонент жиров морских животных.
Пальмитиновая кислота (н-гексадекановая кислота)	CH₃(CH₂)₁₄COOH M 256,4	$t_{пл}$ 63,1. $t_{кип}$ 211,5 ¹⁰ . Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. эф.; при 20°С 7,3 бенз., 15,1 CHCl ₃ , 5,8 CCl ₄ , 3,7 MeOH, 7,21 EtOH, 5,4 ац., 2,1 лед. укс. кисл., 6,1 Et-ацетат. Восковые иглы. Широко распространена в растительных и животных липидах. Соль Ca: $t_{пл}$ 153 ÷ 156. Соль Na: $t_{пл}$ 270.
Пальмитальдегид (гексадеканаль; пальмитиновый альдегид)	CH₃(CH₂)₁₄CHO M 240,4	$t_{пл}$ 34. Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. эф., ац., петр. эф., EtOH. Может образовываться при кисл. гидрол. плазмалоген-

Соединение (синонимы)

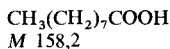
Формула и молекулярная масса

Свойства

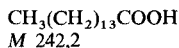
Пальмитолеиновая кислота
(9-гексадеценовая кислота;
зоомариновая кислота)



Пеларгоновая кислота (*n*-но-
нановая кислота)



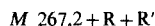
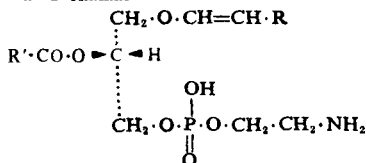
Пентадекановая кислота



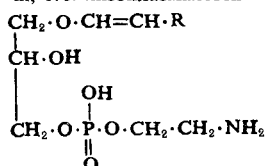
Плазмалогены (раннее назва-
ние: ацетальфосфатиды; фос-
фатидальэтаноламин или EP,
фосфатидальсерин или SP,
фосфатидальхолин или CP).
a 1-(алкен-1'-ил)-2-ацил-*sn*-
глицеро-3-фосфо-*O*-этаноламин
(соответственно может
быть производное серина или
холина)

Представляют собой глицерофосфо-
этаноламин (глицерофосфохолин
или глицерофосфосерин) с одним
этерифицированным остатком жир-
ной кислоты и одним остатком аль-
дегидогенной жирной кислоты, свя-
занным енольно-эфирной связью;
приведенный пример соответствует
этаноламинплазмалогену.

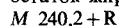
a - в тканях



b - выделен с использованием щело-
чи, т. е. лизоплазмалоген



R' - остаток жирной кислоты; R -
остаток жирного альдегида



нов. При хранении тримеризуется
(тример: $t_{\text{пл}}$ 73). Оксим: $t_{\text{пл}}$ 88. Семи-
карбазон: $t_{\text{пл}}$ 107.

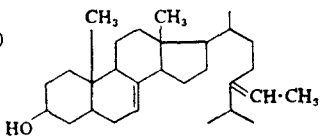
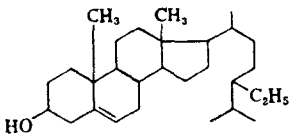
$t_{\text{пл}}$ (*чис*) $-0,5 \div 0,5$. Раств-сть: *p*.
 CHCl_3 , эф., бенз. Главный компонент
многих растительных и животных
жиров.

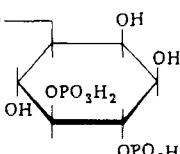
$t_{\text{пл}}$ $12 \div 12,5$. $t_{\text{кип}}$ 180^{100} , 254^{760} .
Раств-сть: при 20°C 0,026 H_2O ; ∞
бенз., гексан, ац., Et-ацетат, MeOH.
Продукт окисл. расщепления олеино-
вой кисл.

$t_{\text{пл}}$ 52,3. $t_{\text{кип}}$ $202 \div 205^{10}$. Раств-сть
при 20°C 0,0012 H_2O , 36,2 бенз., 16,4
MeOH, 19,5 95%-ный EtOH, 13,8 ац.,
8,8 лед. укс. кисл., 15,4 Et-ацетат, 22,3
Vi-ацетат. Тв. крист. воскообразное
в-во. В след. кол-вах найдена во мно-
гих природных липидах, напр. в сли-
вочном масле, бараньем жире, пече-
ни акул.

Раств-сть: *a* образует эмульсию в
 H_2O ; *p*. CHCl_3 , MeOH, эф. *a* превра-
щается в *b* при инкубации в мета-
нольном 1 M NaOH при 37°C , но
деацилирование происходит не так
быстро, как у диацилфосфолипидов
[J. Neurochem. 10, 941 (1963)].
Алкен-1'-ильная группа имеет *чис*-
конфигурацию.

b из мышцы: $t_{\text{пл}}$ $160 \div 190$. $[\alpha]_D^{26}$
 $-8,6$ ($c = 4$ в смеси 1:1) CHCl_3 MeOH).
Раств-сть: *я.р.* H_2O , *м.р.* EtOH,
эф., petr. эф., ац., бенз.; *p. гор.* MeOH,
гор. EtOH, CHCl_3 . Уст. в 1 M NaOH
при 37°C . Лабилен в кисл. при комн.
т. Многие ранее получаемые преп.
давали циклический ацеталь.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Рицинолевая кислота (12-гидроксис- <i>цис</i> -9-октадеценовая кислота; рицинолеиновая кислота)	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_5 \cdot \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \cdot \text{CH}_2 \cdot \underset{\text{COOH}}{\underset{(\text{CH}_2)_7}{\text{CH}}} = \text{CH}$ $M \ 298,5$	$t_{\text{пл}}$ <i>цис</i> 5,5; (<i>транс</i> 53). $[\alpha]_D^{25} + 6,4$ (в ац.). Присутствует в касторовом масле в виде тририциноленилглицерида. Абсолютная конфигурация см. [Chem. Ind. 1958, 1554].
Ситостерины (α_1 -, β -) (β -22-дигидростигмастерин; Δ^5 -стигмастен-3 β -ол)	(α_1)  $\alpha_1 : M \ 412,7$ (β)  $\beta : M \ 414,7$	$\alpha_1 : t_{\text{пл}} \ 164 \div 166$. $[\alpha]_D^{28} - 1,7$ (в CHCl_3). Раств-сть: р. CHCl_3 , эф. $\beta : t_{\text{пл}} \ 136 \div 138$. $[\alpha]_D^{25} - 37,8$ (в CHCl_3). Раств-сть: р. CHCl_3 , α_1 и β : иглы из EtOH . Присутствует в зернах пшеницы и соевом масле. Осаждается дигитонином. Ацетат $\alpha_1 : t_{\text{пл}} \ 137$. Бензоат $\alpha_1 : t_{\text{пл}} \ 172$. Ацетат $\beta : t_{\text{пл}} \ 123 \div 124$. Бензоат $\beta : t_{\text{пл}} \ 145 \div 146$.
Сквален (спинацен)	$\begin{array}{c} \text{H} \qquad \qquad \text{H} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2\text{C} = \text{C} \qquad \text{C} = \text{C}(\text{CH}_3)_2 \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2 \qquad (\text{CH}_2)_2 \\ \qquad \qquad \\ \text{C} \cdot \text{CH}_3 \qquad \text{C} \cdot \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH} \qquad \qquad \text{CH} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2 \qquad (\text{CH}_2)_2 \\ \qquad \qquad \\ \text{C} \cdot \text{CH}_3 \qquad \text{C} \cdot \text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH} \end{array}$ $M \ 410,7$	$t_{\text{пл}} < -20$. $t_{\text{кип}} \ 213^1$. Раств-сть: р. эф., CHCl_3 ; м. р. EtOH , лед. укс. кисл. Бесцв. подвижное масло. Промежуточное соединение в биосинтезе холестерина. В след. кол-вах найден во многих тканях; в заметных кол-вах - в жирах печени некоторых морских животных. Гексагидрохлориды: $t_{\text{пл}} \ 108 \div 110$, $144 \div 145$.
Стеариновая кислота (<i>n</i> -октадекановая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ $M \ 284,4$	$t_{\text{пл}} \ 69,6$. $t_{\text{кип}} \ 213,0^5$. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. эф; при 20°C 2,5 бенз., 6,0 CHCl_3 , 2,4 CCl_4 , 0,1 MeOH , 2,25 EtOH , 1,54 ац., 0,12 лед. укс. кисл., 0,5 Et -ацетат. Широко распространена в природных маслах и жирах; значит. кол-ва содержатся в жировом депо жвачных животных. Соль Са: $t_{\text{пл}} \ 150 \div 154$. Соль Na: $t_{\text{пл}} \ 260$.
Стеариновый альдегид (<i>n</i> -октадеканаль)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CHO}$ $M \ 268,5$	$t_{\text{пл}} \ 63,5$ (38). О. быстро полимеризуется, так что данные по $t_{\text{пл}}$ ненадежны. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. EtOH , эф., петр. эф., ац. Чешуйки из эф. Может образовываться при кисл. гидрол. плазмалогена. При хранении о. быстро полимеризуется.

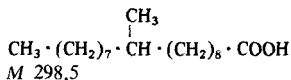
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Сфингозин (4-сфингенин; <i>транс</i> -D-эритро-1,3-дигидрокси-2-аминооктадецен-4)	$\text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{12} \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CHNH}_2$ $\text{M } 299,5$	$t_{\text{пл}} 82,5 \div 83$. Свободное основание: $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 3$ (26 мг в 2 мл пир.). Раств-сть: н. р. H_2O ; р. CHCl_3 , EtOH , ац., MeOH . Свободное основание: иглы из петр. эф. Сульфат: пучки игл из EtOH ; о. гигр. Триацетильное производное: $t_{\text{пл}} 101 \div 102$.
Сфингозинсульфат	$\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{NO}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{M } 397,6$	$t_{\text{пл}} 240 \div 250$ (149–152) $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 13,12$ (в CHCl_3). Раств-сть: р. CHCl_3 , гор. EtOH , содержащий H_2SO_4 .
Сфингомиелин (церамид-1-фосфохолин; N-ацил-эритро-сфингозин-1-фосфохолин)	$\begin{array}{c} \text{R} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} - \\ \text{CH}_3 \cdot (\text{CH}_2)_{12} \cdot \text{CH}=\text{CH} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \\ \text{O} \\ (\text{CH}_3)_3\text{N}^+ \cdot (\text{CH}_2)_2 \cdot \text{O} \cdot \text{P}=\text{O} \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ R – остаток жирной кислоты M 509,6 + R	$t_{\text{пл}} 196 \div 198$ (209). $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 6 \div 7$ (в CHCl_3 – MeOH). Раств-сть: н. р. эф., ац., H_2O ; р. бенз., CHCl_3 , гор. EtOH , гор. Et -ацетат. Бел. крист. Уст. при инкубации в 1 М NaOH при 37°C , но гидрол. при более высокой темп. Гидрол. в метанольном раств. HCl при 100°C , образуя фосфохолин и немного сфингозилдифосфохолина.
Триглицерид (триацилглицерин)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OCOR}_1 \\ \\ \text{CHOCOR}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{OCOR}_3 \end{array}$ $\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$ – остатки жирных кислот M 174,1 + R_1 + R_2 + R_3 Трилаурат: M 639, Тримиристат: M 723,1 Триолеат: M 885,4 Трипальмитат: M 807,3	Тримиристат: $t_{\text{пл}} \alpha 32$; $\beta' 44$; $\beta 55,5$. Триолеат: $t_{\text{пл}} \alpha -32$; $\beta' -13$; $\beta 3,8$ (5,5). Трипальмитат: $t_{\text{пл}} \alpha 44$; $\beta' 55,5$; $\beta 65,5$. Раств-сть: н. р. H_2O , м. р. EtOH , MeOH ; р. эф., CHCl_3 , CCl_4 , петр. эф. Обычно более растворим в орг. растворах, если R_1, R_2 и R_3 содержат ненасыщ. связи. Может существовать в полиморфных формах. Широко распространен в жировых депо животных и в высших растениях.
Трифосфоинозитид (1,2-ди-ацил-sn-глицеро-3-фосфо-1-миоинозит-4,5-дифосфат; 1-фосфатидилмиоинозит-4,5-дифосфат)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{R}_1 \\ \\ \text{R}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C} \leftarrow \text{N} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{P}=\text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$  R_1, R_2 – остатки жирных кислот M 548,2 + R_1 + R_2	Раств-сть: свободный липид р. H_2O , MeOH , EtOH , CHCl_3 ; соль Na р. H_2O , влажный CHCl_3 ; н. р. MeOH , ац., эф. Соль Na_4 уст. при хранении во влажном CHCl_3 при -18°C , свободная кисл. медл. разл. Содержится в нервной ткани млекопитающих гл. обр. в виде стеариоиларахидоновых производных. Получ. см. [JBC 239, 1369 (1964)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

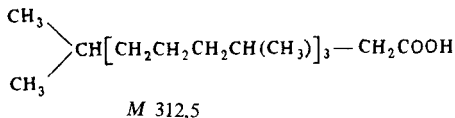
Свойства

Туберкулеостеариновая кислота (10-метилстеариновая кислота; (-)-10-(D)-метилгексадекановая кислота)



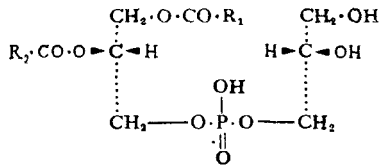
$t_{\text{пл}}$ 12,8 ÷ 13,4. $t_{\text{кип}}$ 175 ÷ 178^{0.7}. $[\alpha]_D^{25}$ -0,08. Раств-сть: н.р. H₂O; р. жирные растворы. Найдена в туберкулиновых бугорках человека и крупного рогатого скота, а также в бактериях проказы. Амид: $t_{\text{пл}}$ 76,5 ÷ 77. Трибромоанилид: $t_{\text{пл}}$ 93 ÷ 94.

Фитановая кислота (3,7,11,15-тетраметилгексадекановая кислота)



$t_{\text{пл}}$ -65. Раств-сть: аналогична растворимости ненасыщенных жирных кислот; н.р. H₂O; х.р. эф., CHCl₃, EtOH. См. обзор [Progress in Chemistry of fats and other lipids, R.T. Holman (ed.), 1973, 14 part (1), p. 5]. Найдена в жирах жвачных животных, галобактериях и накапливается в организме при болезни Рефсума.

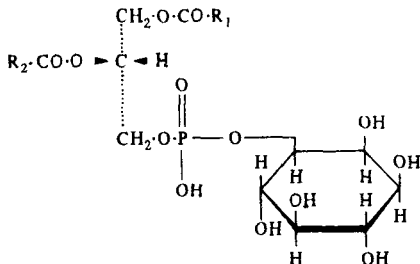
Фосфатидилглицерин (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-1'-*sn*-глицерин)



R_1, R_2 — остатки жирных кислот
 M 300,1 + $\text{R}_1 + \text{R}_2$

Дистеарил-3-*sn*: $t_{\text{пл}}$ 66,5 ÷ 67,0 $[\alpha]_D^{25}$ +2,0²² (в CHCl₃). Диолеил-3-*sn*: $[\alpha]_D^{25}$ +2,0²¹ (в CHCl₃). Раств-сть: образует эмульсии в H₂O; р. EtOH, эф., CHCl₃, ап., бенз., MeOH. Найдены преимущественно в растениях, в след. кол-вах также в тканях животных.

Фосфатидил-1-инозит (монофосфоинозитид; 1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-1-миоинозит)



R_1, R_2 — остатки жирных кислот
 M 388,2 + $\text{R}_1 + \text{R}_2$

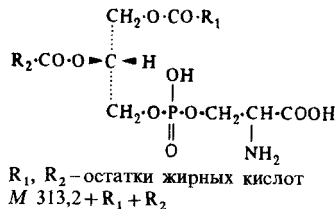
Из печени: $[\alpha]_D^{25}$ +5,60. Раств-сть: р. H₂O, CHCl₃, бенз.; м.р. MeOH, эф., петр. эф.; н.р. 95%-ный EtOH, ап., Et-ацетат. Бел. аморф. тв. в-во. Соль Na: крист.. Соль Ba: н.р. в H₂O; р. в смеси (3:1) CHCl₃ - MeOH. Содержится в мембранах большинства растений и животных.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

Фосфатидилсерин (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-О-серин)

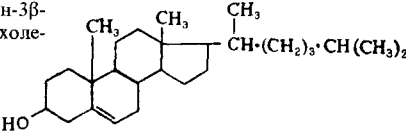


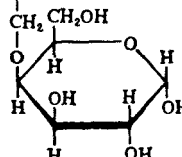
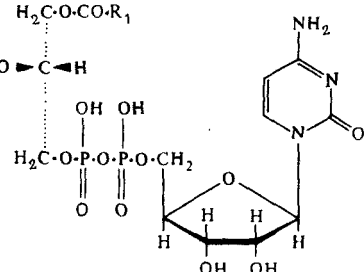
Дистеароил-3-*sn* спекается 120. $t_{\text{пл}}$ 159 ÷ 161. $[\alpha]_D^{25}$ см. [JBC 212, 25 (1955)]. Выделенный преп. соли (Na и K) образует эмульсии в H_2O . Раств-сть: н.р. EtOH, MeOH, ац.; р. CHCl_3 , эф., petr. эф. Синтетический р. только CHCl_3 . Соль уст. только при хранении в CHCl_3 при -72°C . Свободная кисл. более уст. Лабильна в метанольном 1M NaOH при 37°C . Выделенный липид обычно содержит серинсодержащий плазмалоген.

Фосфатидилхолин (3-*sn*-фосфатидилхолин; 1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохолин; лецитин)



Выделенный преп. (из легких): спекается при 75 ÷ 80. $t_{\text{пл}}$ 237 ÷ 238. Синтетические преп.: Димиритоилхолин: спекается 90. $t_{\text{пл}}$ 236 ÷ 237. Дипальмитоилхолин: спекается 120. $t_{\text{пл}}$ 235 ÷ 236. Дистеароилхолин: спекается при 120. $t_{\text{пл}}$ 230 ÷ 232. $[\alpha]_D^{25}$ для 3-*sn*-фосфатидилхолинов: выделенный преп. (из легких) +6,25 (в MeOH CHCl_3); дипальмитоеилхолин +6,6 (CHCl_3 –MeOH, 1:1); синтетический преп., димиритоилхолин +7,0²⁴ (в EtOH– CHCl_3); дипальмитоилхолин +7,0²⁵ (в CHCl_3); дистеароилхолин +6,1 (в MeOH CHCl_3). Раств-сть: н.р. ац., Me-ацетат; р. EtOH, эф., petr. эф., CS_2 , CHCl_3 , CCl_4 , бенз.; дипальмитоеилхолин: н.р. petr. эф., если оба остатка R_1 и R_2 не содержат кратных связей, н.р. эф., м.р. ац.; р. EtOH, лед. укс. кисл., CHCl_3 . Дипальмитоилхолин: иглы из диизобутилкетона. Гигр., похожее на воск или напоминающие пластмассу тв. в-во, на возд. коричневет. Данные по раств-сти зависят от присутствия других липидов. Лабилен в 1M щел. при 37°C и метанольном раств. щел. при комн. т. В природе встречается в виде L- α -изомера, т.е. 3-*sn*-фосфатидилолина.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Фосфатидилэтаноламин (ке- фалин; 1,2-диацил- <i>sn</i> -глице- ро-3-фосфо-О-эаноламин)	$ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{CO}-\text{R}_1 \\ \vdots \\ \text{R}_2-\text{CO}-\text{O} \rightarrow \text{C} \leftarrow \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{NH}_2) \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} $ R_1, R_2 - остатки жирных кислот $M 269,2 + \text{R}_1 + \text{R}_2$	Димристоил-3-<i>sn</i>-: спекается 86. $t_{\text{пл}}$ 175 ÷ 177. $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 6,0$ (в CHCl_3). Дистеароил-3-<i>sn</i>-: спекается при 83. $t_{\text{пл}}$ 173 ÷ 175. $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 6,0$ (в CHCl_3 лед. укс. кисл., 9:1). Дипальмитоил-3-<i>sn</i>-: спекается при 88. $t_{\text{пл}}$ 172,5 ÷ 175,0. $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 6,4$ (в CHCl_3). Раств-сть: выделенный преп. н.р. ац.; р. MeOH, EtOH, CHCl_3, бенз., влажный эф., петр. эф.; синтетический преп. (R_1 и R_2 не содержат кратных связей) н.р. ац., эф., петр. эф.; м.р. EtOH, бенз., CCl_4; р. CHCl_3, пир. Гигр. в-во. Выделенный преп. быстро становится коричневым из-за аутоокисления. Раств-сть зависит от присутствия др. липидов. Лабилен в 1 М щел. при 37°C. В природе встречается в виде L-α- или 3-<i>sn</i>-изомера.
Фосфатидная кислота (1,2-ди- ацил- <i>sn</i> -глицеро-3-фосфат; L- α-фосфатидная кислота)	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{O}-\text{CO}-\text{R}_1 \\ \vdots \\ \text{R}_2-\text{CO}-\text{O} \rightarrow \text{C} \leftarrow \text{H} \\ \vdots \\ \text{CH}_2\text{O}-\text{P}(\text{OH})(\text{OH}) \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} $ R_1, R_2 - остатки жирных кислот $M 226,1 + \text{R}_1 + \text{R}_2$ Димристоилпроизводное: $M 592,5$. Дипальмитоилпроизводное: $M 648,6$ Дистеароилпроизводное: $M 704,6$	$[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ димристоил-3-<i>sn</i>- + 4,4²⁴ (в CHCl_3); дипальмитоил-3-<i>sn</i>- + 4,0²⁶ (в CHCl_3); дистеароил-3-<i>sn</i>- + 3,8²⁶ (в CHCl_3). Раств-сть: выделенный преп. н.р. H_2O, EtOH; р. ац., эф., CHCl_3; синтетический преп. н.р. H_2O; м.р. EtOH; ум. р. ац.; р. CHCl_3, бенз. При кисл. гидрол. α-фосфатидной кисл. образуются α- и β-глицерофосфорная кисл.; при щел. гидрол. миграции фосфатной гр. не происходит. Промежуточный продукт при биосинтезе фосфоглицеридов, но в тканях содержится только в след. кол-вах.
Холестерин (Δ ⁵ -холестен-3β- ол; холест-5-ен-3β-ол; холе- стен-5-ол-3β)	 $M 386,6$ Гидрат: $M 404,6$	$t_{\text{пл}}$ 148,5 (безводн.). $[\alpha]_{\text{D}}^{15} - 31,1$ (в эф.). Раств-сть: ум. р. H_2O, EtOH; р. эф., CHCl_3, бенз., петр. эф., шир., Et-ацетат, гор. EtOH. Монокл. листочки + H_2O из 95%-ного EtOH; иглы из безводн. раств-лей. Медл. окисл. на возд., что приводит к пожелтению и изменению раств-сти и $t_{\text{пл}}$. Обнаруживает двойное лучепреломление. Дибромид: иглы; $t_{\text{пл}}$ 109 ÷ 111 или 123 ÷ 124.
Холестериновые эфиры		
а) ацетат	$\text{C}_{27}\text{H}_{45}\text{OOCCH}_3$ $M 428,7$	$t_{\text{пл}}$ 115. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 47,4$. Раств-сть: ум. р. EtOH; м.р. ац. Пластинки или иглы из EtOH эф.
б) олеат	$\text{C}_{27}\text{H}_{48}\text{O} \cdot \text{OC}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ $M 651,1$	Цис: $t_{\text{пл}}$ 44,5. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 23,4$. Раств-сть: р. гор. EtOH, гор. ац., эф., CHCl_3. Тонкие иглы
в) пальмитат	$\text{C}_{27}\text{H}_{45}\text{OOC}(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ $M 625,1$	$t_{\text{пл}}$ 90,5. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} - 25,1$.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
г) стеарат	$C_{27}H_{45}OOC(CH_2)_{16}CH_3$ M 653,1	$t_{пл}$ 82,5. $[\alpha]_D^{20}$ — 24,3. Бел. пластинки. Обнаруживает мезоморфизм при нагрев. и превращается в мутную жидк. перед плавлением.
Цереброзиды (гликосфинго- зиды)	$CH_3 \cdot (CH_2)_{12} \cdot CH=CH \cdot CH(OH)$ $R \cdot CO \cdot NH \cdot CH$  M 488,6 + R Содержат сфингозин (дигидросфингозин), жирную кислоту и сахар, обычно галактозу. R — остаток жирной кислоты. Керазин — лигноцереновая кислота; френозин — цереброновая кислота; нервон — нервоновая кислота; оксинервон — α -гидроксинервоновая кислота	Френозин: полн. плавится при 212 ÷ 215. Керазин: полн. плавится при 185 ÷ 187. Нервон: полн. плавится 180. Приводятся разные данные по $[\alpha]_D$, что, вероятно, зависит от чистоты [Deuel H. The Lipids, vol. 1, p. 485 Interscience, New York, 1951]. Раств-сть: н.р. H_2O , эф., petr. эф.; м.р. EtOH; р. пир., ал., лед. укс. кисл., $CHCl_3$. Воскоподобные белые порошки. Уст. к гидрол. в кипящем насыщ. $Ba(OH)_2$.
Церильный спирт (1-гексако- занол; церотин)	$CH_3(CH_2)_{24}CH_2OH$ M 382,7	$t_{пл}$ 79 ÷ 80. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. EtOH, эф. Кристаллическая форма, ромб. пластинки. Широко распростран. в разл. восках растительного и животного происхождения, обычно в виде эфиров жирных кисл.
Цетиловый спирт (1-гексаде- канол; пальмитиловый спирт)	$CH_3(CH_2)_{15}OH$ M 242,5	$t_{пл}$ 49,3. $t_{кип}$ 190 ¹⁵ . Раств-сть: н.р. H_2O ; р. EtOH, MeOH, эф., бенз. Листочки из EtOH. Найдены в жирах разл. морских животных, часто в виде эфиров жирных кисл.
Цитидин-5'-дифосфатдигли- церид (CDP-диглицерид)	$H_2C \cdot O \cdot CO \cdot R_1$ $R_2 \cdot CO \cdot O \cdot C \cdot \triangleleft$  R_1, R_2 — остатки жирной кислоты M 531,3 + $R_1 + R_2$	Дипальмитоил (ди- NH_4 -соль): $t_{пл}$ 171 ÷ 172. Раств-сть: свободная кислота р. $CHCl_3$; К-соль: прозрачная дисперсия в H_2O . К-соль: в виде сухого тв. в-ва или водн. дисперсии уст. при низких темп. (<0°C). Свободная кисл. неуст. в раств. $CHCl_3$ при комн. т. При щел. метанолизе первоначально дает цитидинмонофосфат и циклический глицерофосфат.

Синонимы (синонимы)	Формулы и молекулярная масса	Свойства
Элеостеариновая кислота (α или <i>цис</i> и β или <i>транс</i>) (октадекатриен-9,11,13-овая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ M 278,4	<i>Цис</i> : α : $t_{\text{пл}}$ 48 ÷ 49. <i>Транс</i> : β : $t_{\text{пл}}$ 71,5 ÷ 71,8. Раств-сть: <i>цис</i> н.р. H_2O ; р. EtOH, эф., CS_2 , гор. лед. укс. кисл.; <i>транс</i> н.р. H_2O ; м.р. EtOH; р. гор. лед. укс. кисл., эф., CS_2 . <i>Цис</i> : листочки или иглы из EtOH; <i>транс</i> : пластинки или иглы из EtOH. <i>Цис</i> встречается в природе и легко превращается в <i>транс</i> -изомер под действием света, нагрев., катализаторов, таких, как I или S. α -Тетрабромид: $t_{\text{пл}}$ 115.
Эруковая кислота (<i>цис</i> или <i>транс</i>) (13-докозеновая кислота; <i>транс</i> -изомер брассидиновая кислота; изоэруковая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$ M 338,6	<i>Цис</i> : $t_{\text{пл}}$ 33,5. <i>Транс</i> : $t_{\text{пл}}$ 60. Раств-сть: <i>цис</i> р. EtOH, эф.; <i>транс</i> м.р. H_2O , EtOH; р. эф. <i>Цис</i> изомеризуется при обработке водн. сернистой кисл. в течение 24 ч при 200°C. <i>Цис</i> : бесцв. иглы из EtOH.

Удерживаемые объемы метиловых эфиров длинноцепочечных жирных кислот (относительно метилпальмитата)

[James A. T., Meth. Biochem. Anal. 8, 1 (1960); Recourt J. H., Unilever Research Laboratory, Vlaardingen, Holland]

Кислота (сокращение)*	Стационарная фаза (и условия)				
	Альезон L (197°C)	Альезон M (197°C)	Реолекс 400 (197°C)	Полиэтиленгликоль-адипинат (180°C)	Полидиэтиленгликоль-сукцината (203°C)
n-Пентановая (5:0)	0,008				
n-Гексановая (6:0)	0,013				
4-Метилгексановая (7:0, разв. ас. изо)	0,017				
n-Гептановая (7:0)	0,019				
6-Метилгептановая (8:0, разв. ас. изо)	0,024				
n-Октановая (8:0)	0,030			0,060	
6-Метилоктановая (9:0, разв. ас. изо)	0,041				
n-Нонановая (9:0)	0,047			0,082	
8-Метилнонановая (10:0, разв. изо)	0,061				
n-Декановая (10:0)	0,073	0,069	0,179	0,134	
8-Метилдекановая (11:0, разв. ас. изо)	0,10				
n-Ундекановая (11:0)	0,117	0,112	0,232	0,183	
10-Метилундекановая (12:0, разв. изо)	0,15				
n-Додекановая (12:0)	0,18	0,18	0,286	0,26	0,36
10-Метилдодекановая (13:0, разв. ас. изо)	0,242				
Неопределенно разветвленная тридекановая (13:0, разв.)		0,203			
n-Тридекановая (13:0)	0,250	0,234			
n-Тетрадекатриеновая (14:3)	0,291	0,267	0,388	0,362	
n-Тетрадекадиеновая (14:2)				0,90	
n-Тетрадеценовая (14:1)	0,39	0,38	0,634	0,615	
Неопределенно разветвленная тетрадекановая (14:0, разв.)		0,37			
n-Тетрадекановая (14:0)	0,42	0,416	0,555	0,51	0,60
Неопределенно разветвленная пентадекановая (15:0, разв.)	0,55	0,548			
12-Метилтетрадекановая (15:0, разв. ас. изо)	0,58				
Неопределенно разветвленная пентадекановая (15:0, разв.)		0,52			
n-Пентадекановая (15:0)	0,66	0,65		0,705	
Гексадекатетраен-6,9,12,15-овая (16:4 ^{6,9,12,15})		0,74	1,97		
Гексадекатриен-6,9,12-овая (16:3 ^{6,9,12})		0,77	1,59		
Гексадекадиен-9,12-овая (16:2 ^{9,12})		0,79	1,39		
Гексадекадиен-6,9-овая (16:2 ^{6,9})		0,86	1,28		
8-Гексадеценовая (16:1 ⁸)		0,89	1,13		
цис-Гексадецен-9-овая (цис-16:1 ⁹)	0,90	0,89	1,13	1,15	1,17
транс-Гексадецен-9-овая (транс-16:1 ⁹)	0,92			1,15	
n-Гексадекановая (16:0)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Дигидрогиднокарповая	1,43 ⁶			1,66 ^a	
n-Гептадеценовая (17:1)	1,31			1,62	
14-Метилгептадекановая (17:0, разв. ас. изо)	1,38				
n-Гептадекановая (17:0)	1,51	1,55	1,32	1,40	
Октадекатетраен-6,9,12,15-овая (18:4 ^{6,9,12,15})		1,72	3,48		
цис,цис,цис-Октадекатриен-9,12,15-овая (цис-18:3 ^{9,12,15})	1,93	1,84	2,95	3,51	
цис,цис,цис-Октадекатриен-6,9,12-овая (цис-18:3 ^{6,9,12})	1,76 ⁶			2,84 ^a	
цис,транс,транс-Октадекатриен-9,11,13-овая (цис,транс,транс-18:3 ^{9,11,13})	3,82				

Кислота (сокращение) ^a	Стационарная фаза (и условия)				
	Альбзон L (197°C)	Альбзон М (197°C)	Реолекс 400 (197°C)	Полнэти- ленгли- коль- адипинат (180°C)	Полиди- этилен- гликоль- сукцинат (203°C)
<i>транс,транс,транс</i> -Октадекатриен-9,11,13-овая (<i>транс</i> -18:3 ^{9,11,13})	4,44				
<i>цис,цис</i> -Октадекадиен-9,12-овая (<i>цис</i> -18:2 ^{9,12})	1,9	1,81	2,38	2,69	2,40
<i>цис,транс</i> -Октадекадиен-9,11-овая (<i>цис,транс</i> -18:2 ^{9,11})	2,56				
<i>транс,цис</i> -Октадекадиен-10,12-овая (<i>транс,цис</i> -18:2 ^{10,12})	2,56				
<i>транс,транс</i> -Октадекадиен-9,11-овая (<i>транс</i> -18:2 ^{9,11})	3,09				
<i>транс,транс</i> -Октадекадиен-10,12-овая (<i>транс</i> -18:2 ^{10,12})	3,09				
Октадекадиен-6,9-овая (18:2 ^{6,9})		1,81	2,56		
<i>цис</i> -Октадецен-9-овая (<i>цис</i> -18:1 ⁹)	2,03	2,08	2,02	2,21	1,93
<i>транс</i> -Октадецен-9-овая (<i>транс</i> -18:1 ⁹)	2,12			2,21	
<i>цис</i> -Октадецен-6-овая (<i>цис</i> -18:1 ⁶)	2,09			2,22	
<i>цис</i> -Октадецен-4-овая (<i>цис</i> -18:1 ⁴)	2,12			2,23	
<i>транс</i> -Октадекасен-4-овая (<i>транс</i> -18:1 ⁴)	2,22				
<i>n</i> -Октадекановая (18:0)	2,36	2,39	1,79	1,97	1,66
Дигидрохаульмугровая	3,52 ⁶			3,18 ^a	
<i>цис,цис,цис</i> -Нонадекатриен-7,10,13-овая (<i>цис</i> -19:3 ^{7,10,13})	2,62 ⁶			3,85 ^a	
<i>цис,цис</i> -Нонадекадиен-10,13-овая (<i>цис</i> -19:2 ^{10,13})	2,92 ⁶			3,48 ^a	
<i>n</i> -Нонадекановая (19:0)					
Эйкозапентацен-5,8,11,14,17-овая (20:5 ^{5,8,11,14,17})	3,48	3,48	6,64	8,5	
Эйкозатетрацен-8,11,14,17-овая (20:4 ^{8,11,14,17})		3,48	5,35		
Арахидоновая (20:4 ^{5,8,11,14})	3,48	3,48	5,28	6,56	
Эйкозатриеновая неопределенная (20:3)	3,65	3,92	4,80	5,96	
Неопределенные (20:2)		4,5	3,88		
(20:1)		4,75	3,57		
(20:0)	5,8	5,83	3,15	3,87	
(21:0)		8,72			
(22:6 ^{4,7,10,13,16,19})	7,15	7,15	13,5	18,2	
(22:5 ^{5,8,11,14,17})		7,88	12,2		
(22:1)	10,9			8,15	
(22:0)		14,2	6,8		4,67
(26:0)					13,8

^a Разв. разветвленная, ас. асимметричная. ⁶ При 205°C. ^a При 175°C.

9. Стероиды

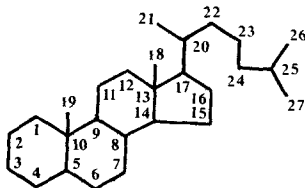
Номенклатура см. [Rules for steroid nomenclature, Pure Applied Chemistry **31**, 283 (1972); BJ **113**, 5 (1969); BJ **127**, 613 (1972)].

Аналитические методы см. [Heftmann E. (ed.), Modern methods of steroid analysis, Academic Press, 1973; Breuer H., Hamel D., Kruskemper H.R. (eds.), Methods of hormone analysis, John Wiley, 1976; Ryan J.J., Chromatographic analysis of hormone residues in food, J. Chromatog. **127**, 53-89 (1976); Gorog S., Szasz G., Analysis of steroid hormone drugs, Elsevier (1978)].

Биологические данные. Общие сведения по фармакологическим свойствам стероидных гормонов можно найти в [The Merck index of chemicals and drugs, Merck and Co. Inc., Rahway NJ, USA; The extra pharmacopoeia, The Pharmaceutical Press, London].

Данные по эталонным и меченым изотопам стероидам: 1) в настоящее время коммерчески доступен широкий набор стероидов. Две компании специализируются на производстве стероидов – это Steraloids Inc., Wilton, NH, 03086, USA; IKapharm, PO Box 31, Ramat-Gan, Israel; 2) небольшие количества стероидов также можно получить от Medical Research Council Steroid Reference Collection. Заявки следует посылать по адресу: Dr D. F. Johnson, Department of Health, Education and Welfare, NIH Bldg 4, Room 135, Bethesda, MD, 20014, USA; 3) широкий набор стероидов, меченных радиоактивными изотопами, в настоящее время можно получить от Amersham International plc Bucks, UK; New England Nuclear Corporation, Boston, MA, USA; Centre d'Étude de L'Énergie Nucléaire, Mol-Donk, Belgium.

Нумерация атомов углерода в стероидах в настоящем разделе принята по системе, продемонстрированной ниже на примере холестерина.

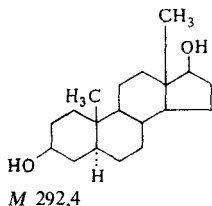


Обзоры по следующим направлениям: 1) структурно-функциональные соотношения андрогенов [Androgens and antiandrogens, L. Martini, M. Motta (eds.) Raven Press, 1977]; 2) структурно-функциональные соотношения кортикостероидов [Glucocorticoid hormone action, Monographs on endocrinology, V.D. Baxter, G.G. Rousseau (eds.) Springer-Verlag, 1979]; 3) физиологическое действие прогестерона и фармакологические действия прогестагенов [Postgrad. Med. J. **54** (Supp. 2), 11-24 (1978)].

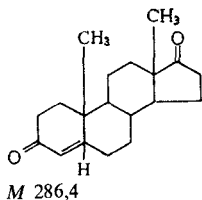
Стероиды (гормоны)

Фармакологическое действие

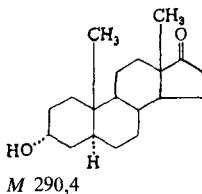
Свойства

Андрогены (природные)**Андростандиол (5 α -андростандиол-3 β ,17 β)**

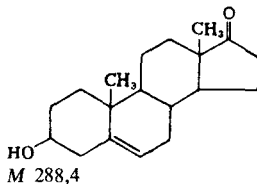
$t_{пл}$ 117 ÷ 118. Метаболит тестостерона. Андрогенная активность ~ 60% активности тестостерона.

Андростендион (андростен-4-дион-3,17; 4-андростен-3,17-дион)

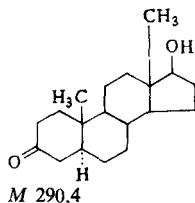
Крист. из гексана. $t_{пл}$ 170 ÷ 174. Раств-сть: р. бенз., EtOH, CHCl₃. λ_{max} 239 нм. Выделяется половыми железами и надпочечниками. Андрогенная активность ~ 20% активности тестостерона

Андростерон (3 α -гидрокси-5 α -андростанон-17; 3 α -гидрокси-5 α -андростан-17-он)

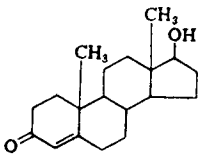
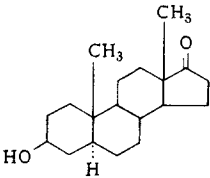
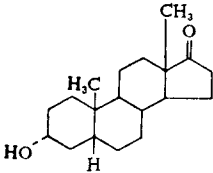
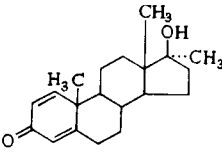
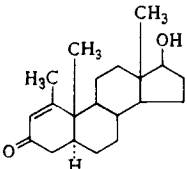
Листочки или иглы из EtOH или ац. $t_{пл}$ 183,5. Раств-сть: н.р. H₂O; р. орг. раств. Метаболит тестостерона и андростендиона, содержится в моче. Андрогенная активность 10% активности тестостерона

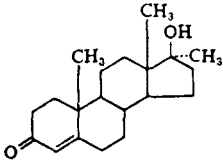
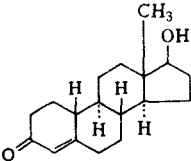
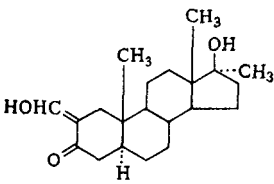
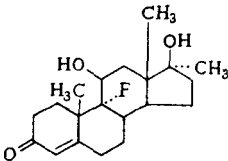
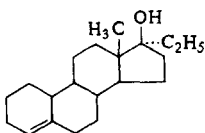
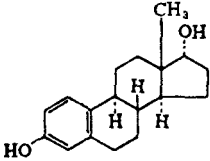
Дегидроэпиандростерон (3 β -гидрокси-5-андростен-17-он; 3 β -гидроксиандростен-5-он-17; дегидроизоандростерон; *транс*-дегидроандростерон; дегидроандростерон)

Диморф. крист. из смеси бенз. – петр. эф. $t_{пл}$ 148 (иглы); 152 (пластинки). Раств-сть: р. бенз., эф., EtOH; м.р. CHCl₃, петр. эф.; ум. р. CCl₄. Выделяется гл. обр. надпочечниками (ретикулярная зона, секретируется в виде сульфата). Андрогенная активность ~ 10% активности тестостерона.

5 α -Дигидротестостерон (17 β -гидрокси-5 α -андростан-3-он; андростанолон; станолон; *алло*-дигидротестостерон; 17 β -гидрокси-5 α -андростанон-3)

$t_{пл}$ 180 ÷ 181. Раств-сть: н.р. H₂O; р. EtOH, эф., многие орг. раств-ли, растительные масла. Активный метаболит тестостерона, возможно активное андрогенное действие внутри ядра клетки-мишени. По андрогенной активности близок тестостерону. 17-Валерат использ. клинически как анаболический, антиэстрогенный андроген.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Тестостерон (17 β -гидрокси-4-андростен-3-он; 4-андростен-17 β -ол-3-он; 17 β -гидроксиандростен-4-он-3; андростен-4-ол-17 β -он-3)	 M 288,4	Иглы из ац. $t_{пл}$ 155. Раств-сть: н.р. H_2O ($1,3 \cdot 10^{-4}$ моль/л); р. EtOH, эф., многие орг. раств-ли, растительные масла; 6%-ная сывортка кролика ($3,3 \cdot 10^{-3}$ моль/л). λ_{max} 239 нм (lg ϵ 4,23). Главный мужской половой стероидный гормон. Первично образуется в половых железах. В мужском организме превращается в андростерон, этиохоланолон и эпиандростерон. Для клинического использ. доступен в виде эфиров (напр., пропионовой, фенилпропионовой, изокапроновой, энантовой кисл.).
Эпиандростерон (транс-андростерон; 3 β -гидрокси-5 α -андростан-17-он; изоандростерон; 3 β -гидрокси-5 α -андростанон-17)	 M 290,4	Крист. из EtOH. Раств-сть: р. эф.; бенз., EtOH, MeOH. Выделяется с мочой; метаболит предшественников, образующихся в надпочечниках и половых железах. Андрогенная активность 1% активности тестостерона.
Этиохоланолон (3 α -гидрокси-5 β -андростан-17-он; 3 α -гидрокси-5 β -андростанон-17)	 M 290,4	Иглы из гексана. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. орг. раств-ли. Выделяется с мочой; метаболит тестостерона и андростендиона. Андрогенная активность <1% активности тестостерона.
Андрогены и анаболические стероиды (синтетические)		
Метандростенолон (17 α -метил-17 β -гидроксиандростен-1,4-диен-3-он; 17 α -метил-17 β -гидроксиандростадие-1,4-он-3)	 M 300,4	Крист. из смеси ац. -эф. $t_{пл}$ 163 $\div$ 164. λ_{max} 245 нм (lg ϵ 4,19). Анаболический стероид с небольшой андрогенной активностью.
Метенолон (17 β -гидрокси-1 β -метил-5 α -андрост-1-ен-3-он; 17 β -гидрокси-1 β -метил-5 α -андростен-1-он-3)	 M 302,4	Крист. из смеси изопропил. спирт эф. $t_{пл}$ 149 $\div$ 152. Ацетат, энантиат имеют фармакол. применение как активные анаболические агенты (перорально).

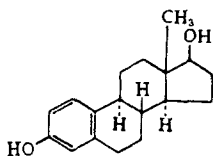
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Метилтестостерон (17 α -метилтестостерон; 17 α -метил-4-андростен-3-он-17 β -ол; 17 α -метиландростен-4-он-3-ол-17 β)	 M 302,4	Крист. $t_{пл}$ 161 $\div$ 166. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. EtOH, ал., MeOH, бенз.; ум. р. растительные масла. λ_{max} (EtOH) 241 нм (lg ϵ 4,20). Активный андроген (применяется перорально).
Нандролон (17 β -гидроксиэстр-4-ен-3-он; 17 β -гидроксиэстрен-4-он-3)	 M 274,4	Крист. Имеет 2 крист. формы: $t_{пл}$ 112 и 124. Раств-сть: р. EtOH, эф., $CHCl_3$. λ_{max} 241 нм (lg ϵ 3,23). Циклогексанпропионатное, циклогексанкарбоксилатное и фурилпропионатное производные имеют фармакол. применение как активные анаболические агенты (перорально).
Оксиметолон (17 β -гидрокси-2-(гидроксиметил)-17 α -метил-5 α -андростан-3-он; 17 β -гидрокси-2-(гидроксиметил)-17 α -метил-5 α -андростанон-3)	 M 332,5	Крист. из Et-ацетата. $t_{пл}$ 178 $\div$ 180. λ_{max} 285 нм (lg ϵ 3,99). Анаболический стероид; доступен также в виде енолацетата. Абс. λ_{max} 255 нм (lg ϵ 4,09); енолпропионат: λ_{max} 257 нм, lg ϵ 4,11 и енолбензоат: λ_{max} 230 нм, lg ϵ 4,19.
Флуоксиместерон (9 α -фторо-11 β ,17 β -дигидрокси-17 α -метил-4-андростен-3-он; 9 α -фторо-11 β ,17 β -дигидрокси-17 α -метиландростен-4-он-3)	 M 366,5	Крист. $t_{пл}$ 270 (разл.). λ_{max} (EtOH) 240 нм (lg ϵ 4,22). Анаболический стероид с андрогенной активностью.
Этилэстренол (17 α -этилэстр-4-ен-17 β -ол; 17 α -этилэстрен-4-ол-17 β)	 M 288,5	Крист. $t_{пл}$ 76 $\div$ 78. Активный анаболический стероид с андрогенной активностью (применяется перорально).
Эстрогены (природные)		
Эстрадиол-17 α (по старой тривиальной номенклатуре β -эстрадиол; 1,3,5-эстратриен-3,17 α -диол; эстратриен-1,3,5-диол-3,17 α)	 M 272,4 Гидрат: M 281,4	Иглы из водн. EtOH + $1/2 H_2O$. $t_{пл}$ гидрата 220 $\div$ 223. Раств-сть: н. р. H_2O ; х. р. EtOH, р. ал. и многие орг. раств-ли. λ_{max} 280 нм (lg ϵ 3,31). Минорный метаболит в мужском организме, но играет важную роль в др. организмах, биол. активность неизвестна.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

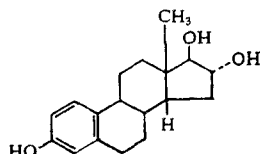
Свойства

Эстрадиол-17β (дигидроксистерин; 17β-эстрадиол; дигидроксистерин; по старой тривиальной номенклатуре α-эстрадиол; 1,3,5-эстратриен-3,17β-диол; дигидротестостерон; эстратриен-1,3,5-диол-3,17β)



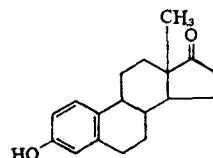
M 272,4

Эстриол (1,3,5-эстратриен-3,16α,17β-триол; эстратриен-1,3,5-триол-3,16α,17β; тригидроксистерин; эстриол; теелол)



M 288,4

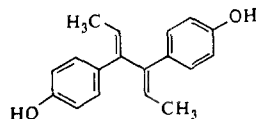
Эстрон (1,3,5-эстратриен-3-ол-17-он; эстратриен-1,3,5-он-17-ол-3; тестин; фолликулин; эстрин)



M 270,4

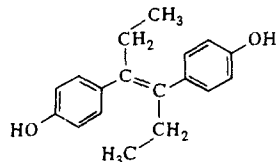
Эстрогены (синтетические)

Диенэстрол (4,4'-(диэтилендилен)дифенол)



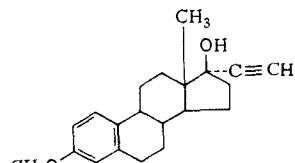
M 266,3

Диэтилстильбэстрол (стильбэстрол; транс-4,4'-дигидроксистерин-α,β-диэтилстильбен)



M 268,3

Местранол (3-метокси-19-нор-17α-прегна-1,3,5(10)-триен-20-ин-17-ол; 3-метокси-19-нор-17α-прегнатриен-1,3,5(10)-ин-20-ол-17)



M 310,4

Примы. $t_{пл}$ 173 ÷ 179. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. водн. щел., EtOH, ал. λ_{max} 280 нм (lg ε 3,28) и 225 нм. Главный женский гормон; найден также у мужских особей. В клинической практике используют эфиры.

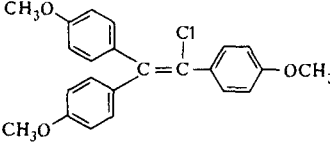
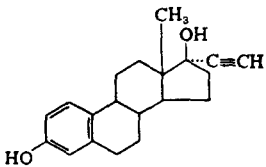
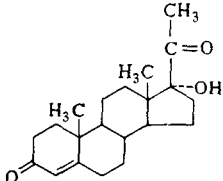
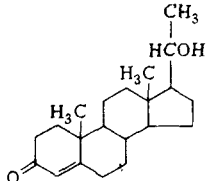
Крист. $t_{пл}$ 282 (нормальная монокл. форма изменяется при 270 ÷ 275). Раств-сть: ум. р. H_2O ; р. EtOH, $CHCl_3$, эф., пир., водн. щел. λ_{max} 280 нм. Важный метаболит эстрогена. Для оценки благополучного развития эмбриона в клиниках определяется уровень эстриола в материнской крови или моче.

Крист. $t_{пл}$ 258 ÷ 262 (255). Раств-сть: 4,0 EtOH; 2,0 ал.; 1,0 $CHCl_3$; р. водн. щел.; н.р. H_2O . λ_{max} 280 нм (lg ε 3,49). Продуцируется в яичниках. Образуется также в периферийных тканях (печень, жир) из циркулирующего андростендиона.

Мелкие иглы из водн. EtOH. $t_{пл}$ 227 ÷ 228. Субл. 130 (1 мм Hg). Раств-сть: н.р. H_2O , кисл.; р. разб. щел.; р. EtOH, эф., $CHCl_3$, теплое растительное масло. Мощный эстроген. В клинической практике использ. диацетат ($t_{пл}$ 119), дипропионат ($t_{пл}$ 99 ÷ 102; р. раст. маслах), диэтиловый эфир ($t_{пл}$ 112 ÷ 113), дибензоат ($t_{пл}$ 224), монометилат ($t_{пл}$ 142).

$t_{пл}$ 169 ÷ 172. Раств-сть: р. разб. водн. щел., ал., эф., $CHCl_3$, растительные масла; н.р. H_2O . Эстроген, активен при пероральном приеме.

Крист. из MeOH или ал. $t_{пл}$ 150 ÷ 151. Мощный эстроген, активен при пероральном приеме.

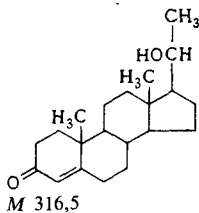
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Хлоргрианизен (хлоротрис(<i>п</i> -метоксифенил)этилен)	 M 380,9	Крист. из MeOH. $t_{пл}$ 114 ÷ 116. Раств-сть н. р. H ₂ O; р. лед. укс. кислот., ац., CHCl ₃ , бенз., растительные масла. Мощный эстроген, активен при пероральном приеме.
Этинилэстрадиол (19-нор-17α-прегна-1,3,5(10)-триен-20-ин-3,17β-диол; 17α-этинилэстра-1,3,5(10)-триен-3,17β-диол; 17α-этинилэстратриен-1,3,5(10)-диол-3,17β)	 M 296,4	Полугидрат: иглы (из водн. MeOH). $t_{пл}$ 146; 183 (теряет воду при темп. выше $t_{пл}$ 146). Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. MeOH, EtOH, CHCl ₃ , ац., диоксан, эф. Существует в двух кристаллических формах. λ_{max} 248 нм. Активный эстроген при пероральном приеме. Доступен в виде 3-бензоата ($t_{пл}$ 202) и 3-ацетата ($t_{пл}$ 153).
Прогестагены (природные)		
17α-Гидроксипрогестерон (20α-гидроксипрегнен-4-дион-3,20; 17-гидроксипрегн-4-ен-3,20-дион)	 M 330,5 M 372,5	Крист. из EtOH или ац. $t_{пл}$ 222 ÷ 223 (быстрое нагрев.). λ_{max} 240 нм. Важный промежуточный продукт биосинтеза половых гормонов. Оказывает гипертензивное действие на овец. Конкурентный ингибитор 5α-редуктазы.
ацетат	M 372,5	Крист. из смеси CHCl ₃ - MeOH. $t_{пл}$ 239 ÷ 240 (243–246). λ_{max} 240 нм (lg ε 4,33).
капроат	M 428,6	Крист. из смеси CHCl ₃ - MeOH. $t_{пл}$ 119 ÷ 121. Раств-сть: р. кунжутное масло (25 ÷ 29 мг/мл). Прогестаген длительного действия, используемый в клинической практике для инъекций.
20α-Дигидропрогестерон (20α-гидрокси-4-прегнен-3-он; 20α-гидроксипрогестерон; 4-прегнен-20α-ол-3-он; прегнен-4-он-3-ол-20α)	 M 316,5	$t_{пл}$ 166 ÷ 167. Раств-сть: н. р. H ₂ O; р. EtOH, ац. λ_{max} 240 нм. Функционально важный метаболит прогестерона. Прогестаген с 20–33% активностью прогестерона. Ингибитор C-17,20-лиазной активности (K_i 9 мкМ).

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

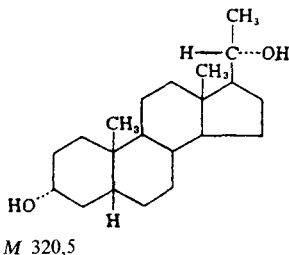
Свойства

20 β -Дигидропрогестерон
(20 β -гидрокси-4-прегнен-3-он;
20 β -гидроксипрогестерон;
20 β -гидроксипрегнен-4-он-3)



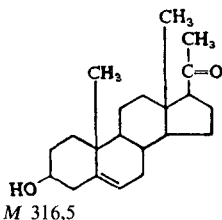
$t_{пл}$ 170 ÷ 171. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. EtOH, ас. λ_{max} 240 нм. Метаболит прогестерона, играющий важную роль в некоторых организмах. Прогестаген с 2-кратной активностью прогестерона в тесте Хукера-Форбеса.

Прегнандиол (прегнан-3 α ,20 α -диол; 5 β -прегнан-3 α ,20 α -диол; 5 β -прегнандиол-3 α ,20 α)



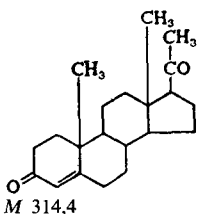
Крист. из EtOH или ас. $t_{пл}$ 238. Раств-сть: ум. р. орг. раств-ли. Не осаждается дигитонином. Главный метаболит прогестерона в мужском организме; выделяется с мочой, его экскреция служит клиническим показателем продукции прогестерона.

Прегненолон (3 β -гидрокси-5-прегнен-20-он; прегнен-5-он-20-ол-3 β)



Крист. из EtOH. $t_{пл}$ 190 ÷ 193. Раств-сть: о. ум. р. H_2O ; р. EtOH, $CHCl_3$. Важный предшественник в биосинтезе стероидов в половых железах, надпочечниках и плаценте.

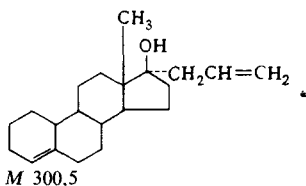
Прогестерон (прегнен-4-дион-3,20; лутеостерон; прогестин)



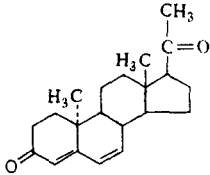
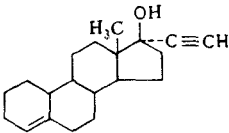
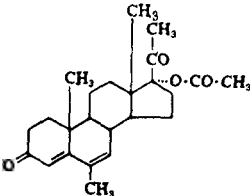
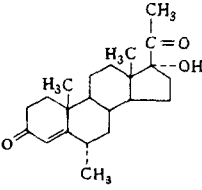
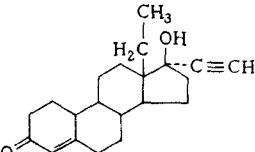
α : призмы из EtOH. β : иглы из петр. эф. $t_{пл}$ α 127 ÷ 131; β 121. Раств-сть: н. р. H_2O ($4,2 \cdot 10^{-5}$ моль/л); р. EtOH, ас., конц. H_2SO_4 ; 6%-ная сыворотка крови ($1,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л). λ_{max} 240 нм ($lg \epsilon$ 4,25). Главный сохраняющий беременность гормон; вырабатывается желтым телом и плацентой (1 мг = 10^6 ед.). Два типа кристаллов - это полиморфные формы одного и того же вещества.

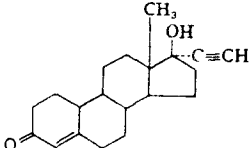
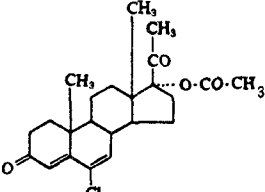
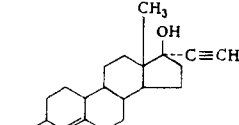
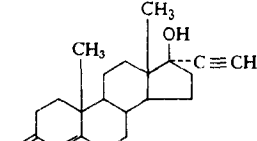
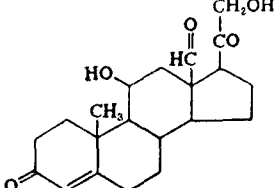
Прогестагены (синтетические производные 19-нортестостерона)

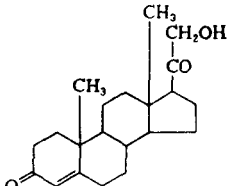
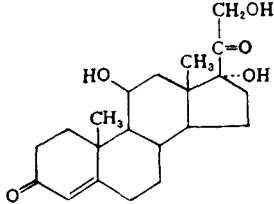
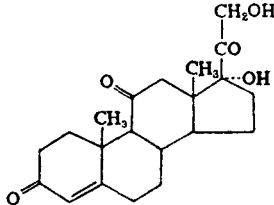
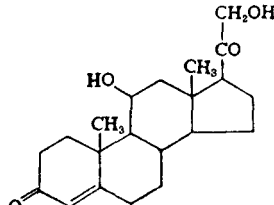
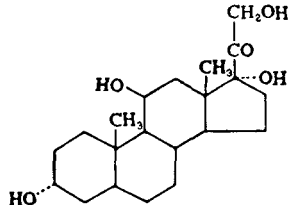
Аллилэстренол (17-аллилэстрен-4-ол-17 β ; гестанон)

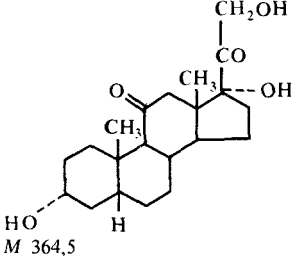
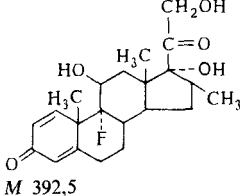
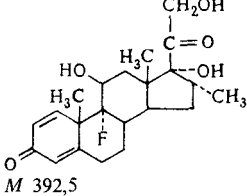
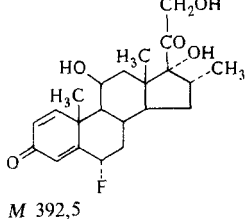


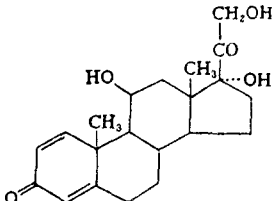
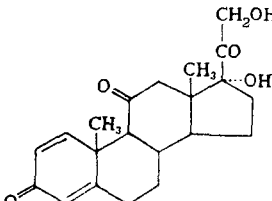
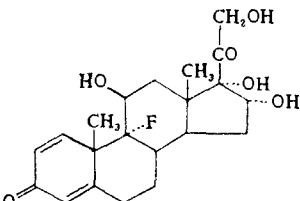
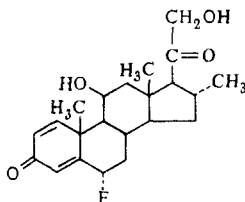
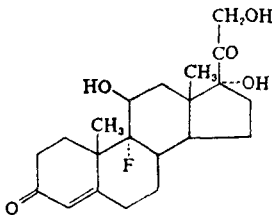
Крист. $t_{пл}$ 79,5 ÷ 80. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. EtOH; ас., эф., $CHCl_3$. Чувствителен к окисл. Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Дидрогестерон (10 α -прегнадиен-4,6-дион-3,20; 9 β ,10 α -прегнадиен-4,6-дион-3,20; ду-фастон)	 M 312,4	Крист. из ац.+гекс. $t_{пл}$ 169 $\div$ 170. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. λ_{max} 286,5 нм (lg ϵ 4,42). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Линестрол (17 α -этинил-эстрен-4-ол-17 β ; оргаметрил)	 M 284,4	$t_{пл}$ 158 $\div$ 160. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Мегестеролацетат (17 α -ацетокси-6-метилпрегиадиен-4,6-дион-3,20)	 M 384,6	Крист. $t_{пл}$ 218 $\div$ 220. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. CHCl ₃ , ац., бенз.; м.р. EtOH. λ_{max} (EtOH) 287,5 нм (lg ϵ 4,40). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Медроксипрогестерон (17-гидрокси-6 α -метилпрегнен-4-дион-3,20)	 M 344,5	Крист. из CHCl ₃ . $t_{пл}$ 220 $\div$ 223,5. Ацетат: крист. из CHCl ₃ ; $t_{пл}$ 207 $\div$ 209. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. λ_{max} (EtOH) 241 нм (lg ϵ 4,20). 17-Ацетат: λ_{max} 240 нм (lg ϵ 4,20). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Норгестрель	 M 314,4	Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. EtOH, ац., эф., CHCl ₃ . Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
19-Норэтистерон (17 β -гидрокси-19-нор-17 α -прегнен-4-ин-20-он-3; 19-нор-17 α -этинилтестостерон)	 M 298,4 ацетат M 340,5	Крист. $t_{пл}$ 203 $\div$ 204. Раств-сть: н.р. H_2O; р. $CHCl_3$, Et-ацетат, EtOH. λ_{max} (EtOH) 240 нм ($lg \epsilon$ 4,38). Ацетат: λ_{max} 240 нм ($lg \epsilon$ 4,28). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Хлормадион (17 α -ацетокси-6-хлоропрегнадиен-4,6-дион-3,20)	 M 404,9	Крист. $t_{пл}$ 210 $\div$ 211. Раств-сть: н.р. H_2O; р. EtOH, $CHCl_3$. λ_{max} (EtOH) 284–286 нм ($lg \epsilon$ 4,30). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Этинодиол (19-нор-17 α -прегнен-4-ин-20-диол-3 β ,17)	 M 300,4	Диацетат: крист. из MeOH. $t_{пл}$ 126 $\div$ 127. Раств-сть: н.р. H_2O; р. орг. раств-ли. 3,17-Диацетат: активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Этистерон (ангидрогидроксипрогестерон; 17 α -этинил-4-андростен-17 β -ол-3-он; 17 α -этиниландростен-4-он-3-ол-17 β ; 17-этинилтестостерон; прегненинолон)	 M 312,4	Крист. $t_{пл}$ 266 $\div$ 273. Раств-сть: н.р. H_2O; м.р. EtOH, $CHCl_3$, ац. λ_{max} 241 нм ($A_{1\%}^{1\text{см}}$ 513). Активный прогестагенный агент (при пероральном приеме).
Кортикостероиды (природные)		
Альдостерон (электрокортин; 11 β ,21-дигидрокси-3,20-диоксипрегнен-4-аль-18; 18-оксокортикостерон)	 M 360,4	$t_{пл}$ безводн. 164; моногидрат 108–112. Раств-сть: р. $CHCl_3$, ац. Приведенная здесь форма находится в равновесии с 11,18-полуацеталем. Крист. +1H_2O из смеси ацетон–H_2O. Главный минералокортикоид. Образуется в корковом слое надпочечников под контролем системы ренин ангиотензин. Стимулирует транспорт Na через почечные каналы.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Дезоксикортикостерон (4-прегнен-21-ол-3,20-дион; прегнен-4-дион-3,20-ол-21; 21-гидроксипрогестерон; 17α-(1-оксо-2-гидроксиэтил)-андростен-4-он-3; DOCA-ацетат)	 <i>M</i> 330,4	Пластины; крист. из эф. $t_{пл}$ 141 $\div$ 142. Раств-сть: р. EtOH, ац., эф., ум. р. H₂O. λ_{max} 240 нм. Минералокортикоид; способность задерживать Na в организме составляет $\sim$ 5% способности альдостерона; ацетат использ. в клинической практике (<i>M</i> 372,5; $t_{пл}$ 154 $\div$ 160; м.р. MeOH, EtOH, ац., эф.).
Кортизол (4-прегнен-11β,17α,21-триол-3,20-дион; прегнен-4-дион-3,20-триол-11β,17α,21; вещество F (по Кендаллу); гидрокортизон; 17-гидроксикортикостерон)	 <i>M</i> 362,4	Крист. из EtOH. $t_{пл}$ 217 $\div$ 220. Раств-сть: м.р. H₂O; р. лед. укс. кисл., диоксан, CHCl₃, MeOH. λ_{max} 242 нм (lg ϵ 4,20). Мощный глюкокортикоид. Динатриевая соль кортизол-21-фосфата: р. H₂O.
Кортизон (4-прегнен-17α,21-диол-3,11,20-трион; прегнен-4-трион-3,11,20-диол-17α,21; 17-гидрокси-11-дегидрокортикостерон; 17-(1-оксо-2-гидроксиэтил)-4-андростен-3,11-дион-17-ол; 17-(1-оксо-2-гидроксиэтил)андростен-4-дион-3,11-ол-17; вещество E (по Кендаллу))	 <i>M</i> 360,4	Крист. из EtOH. $t_{пл}$ 215. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, ац.; м.р. эф., бенз., CHCl₃; ум. р. H₂O (0,028). λ_{max} 237 нм (lg ϵ 4,15). Глюкокортикоид с $\sim$ 70% активностью кортизола. Динатриевая соль кортизон-21-фосфата: р. H₂O.
Кортикостерон (4-прегнен-11β,21-диол-3,20-дион; прегнен-4-дион-3,20-диол-11β,21; 17β-(1-оксо-2-гидроксиэтил)-4-андростен-3-он-11β-ол; 11,21-дигидроксипрогестерон; вещество B (по Кендаллу))	 <i>M</i> 346,4	Пластины из ац.; иглы + EtOH из EtOH. $t_{пл}$ 182. Раств-сть: н.р. H₂O; р. EtOH, орг. раств-ли. λ_{max} 240 нм. Активный глюкокортикоид с некоторой минералокортикоидной активностью; образуется в надпочечниках под контролем. АКГГ.
Тетрагидрокортизол (прегнан-3α,11β,17α,21-тетрол-20-он; прегнанон-20-тетрол-3α,11β,17α,21; ТНЕ)	 <i>M</i> 366,5	Крист. $t_{пл}$ диацетата 209 $\div$ 211. Раств-сть: р. ац., бенз., CHCl₃. Найден в виде конъюгата в моче человека. Главный метаболит кортизола.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Тетрагидрокортизон (прегнан-3 α ,17 α ,21-триол-11,20-дион; прегнандион-11,20-триол-3 α ,17 α ,21; THF)	 M 364,5	Крист. $t_{пл}$ диацетата $232 \div 234$. Раств-сть: р. ац., бенз., $CHCl_3$. Главный метаболит кортизола, содержащийся в моче.
Кортикостероиды (синтетические)		
Бетаметазон (9-фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 β -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20)	 M 392,5	Крист. из Et-ацетата. $t_{пл}$ $231 \div 236$ (разл.). λ_{max} 238 нм ($lg \epsilon$ 4,18). Сильный глюкокортикоид, активный при пероральном приеме. Динатриевая соль бетаметазон-21-фосфата: р. H_2O .
Дексаметазон (9-фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 α -метилпрегна-1,4-диен-3,20-дион; 9-фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 α -метилпрегнандиен-1,4-дион-3,20)	 M 392,5	Крист. $t_{пл}$ $268 \div 271$. Раств-сть: ум. р. H_2O (0,01 ²⁵). Сильный глюкокортикоид, активный при пероральном приеме. Исполыз. в биохим. исследованиях для индукции тирозинаминотрансферазы из печени. Динатриевая соль дексаметазон-21-фосфата: р. H_2O . λ_{max} 238 239 нм ($lg \epsilon$ 4,15).
Параметазон (6 α -фторо-11 β ,17 α ,21-тригидрокси-16 α -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20)	 M 392,5	Раств-сть: ум. р. H_2O . Глюкокортикоид. Динатриевая соль параметазон-21-фосфата: р. H_2O .

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Преднизолон (11 β ,17 α ,21-тригидрокси-1,4-прегнадиен-3,20-дион; 11 β ,17 α ,21-тригидрокси-прегнадиен-1,4-дион-3,20)	 <i>M</i> 360,5	Крист. $t_{пл}$ 241 (разл.). Раств-сть: о. п. р. H_2O ; 3,3 $EtOH$; 0,55 $CHCl_3$; 2 ац. λ_{max} 242 нм ($lg \epsilon$ 4,18 в $MeOH$). Сильный глюкокортикоид. Динатриевая соль преднизолон-21-фосфата, р. H_2O .
Преднизон (17 α ,21-дигидрокси-1,4-прегнадиен-3,11,20-трион; прегнадиен-1,4-трион-3,11,20-диол-17 α ,21)	 <i>M</i> 358,5	Крист. из ац.+гексан. $t_{пл}$ 234 (разл.). Раств-сть: ум. р. H_2O ; 0,67 $EtOH$; 0,5 $CHCl_3$, λ_{max} 238 нм ($lg \epsilon$ 4,18 в $MeOH$). Глюкокортикоид.
Триамцинолон (9 α -фторо-11 β ,16 α ,17 α ,21-тетрагидрокси-1,4-прегнадиен-3,20-дион; 9 α -фторопрегнадиен-1,4-дион-3,20-тетраол-11 β ,16 α ,17 α ,21)	 <i>M</i> 394,4	Сольватированные крист. $t_{пл}$ 260 ÷ 262. Раств-сть: р. Et -ацетат, ац., $EtOH$, $CHCl_3$, λ_{max} 238 нм ($lg \epsilon$ 4,20). Сильный глюкокортикоид. 16,17-Ацетонид имеет фармакол. применение как местный противовоспалительный препарат.
Флуокортолон (6 α -фторо-11 β ,21-дигидрокси-16 α -метил-прегна-1,4-диен-3,20-дион; 6 α -фторо-16 α -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20-диол-11 β ,21)	 <i>M</i> 376,5	Крист. $t_{пл}$ 189 ÷ 190. Раств-сть: ум. р. H_2O (0,029 ³⁷); о. п. р. $EtOH$ (0,012 ²⁰); ум. р. тол. (0,044 ²¹). λ_{max} 242 нм ($lg \epsilon$ 4,21). Противовоспалительный кортикостероид.
9 α -Фторогидрокортизон (9 α -фторо-11 β ,17 α ,21-тригидрокси-4-прегнен-3,20-дион; 9 α -фторо-кортизол; флудрокортизон; 9 α -фторопрегнен-4-дион-3,20-триол-11 β ,17 α ,21)	 <i>M</i> 380,5	Крист. $t_{пл}$ 261 (разл.). Раств-сть: 0,014 H_2O ; р. $MeOH$, $EtOH$, $CHCl_3$, лед. укс. кисл. λ_{max} (EtOH) 239 нм, $lg \epsilon$ 4,25. Активный при пероральном приеме минералокортикоид с небольшой глюкокортикоидной активностью. Динатриевая соль 9 α -фторогидрокортизон-21-фосфата р. H_2O .

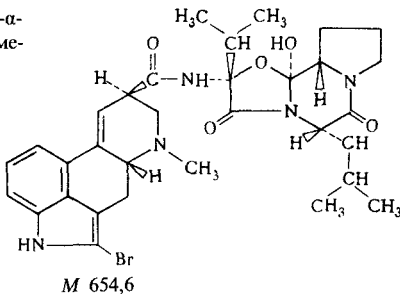
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

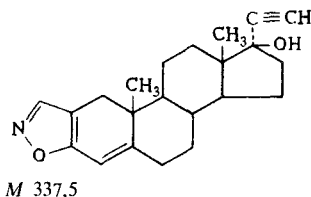
Прочие стероиды

Бромокриптин (2-бromo- α -эргокриптин; парлодель: метизилат бромокриптина)



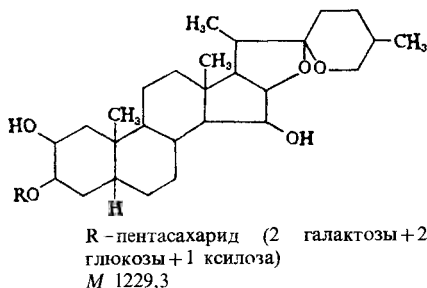
Представляет собой активную гр. пептидного алкалоида спорыньи. Агонист допаминового рецептора. На практике использ. для подавления действия пролактина и секреции α -MSH [Acta Endocrinologica Supp. 216, **88**, 111 (1978)]. Неуст. на свету.

Даназол (17 α -pregна-2,4-диен-20-ино[2,3- d]изоксазол-17-ол; 17 α -pregнадиен-2,4-ино-20[2,3- d]изоксазол-17)



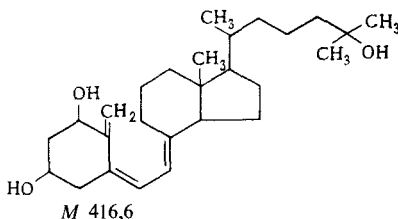
Крист. $t_{пл}$ 225. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. $CHCl_3$, ац. Антигонадотропное соединение, лишенное эстрогенной и прогестагенной активности. Исполъз. в клинической практике для лечения эндометриоза.

Дигитонин (дигитин)

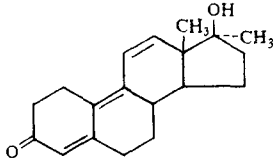
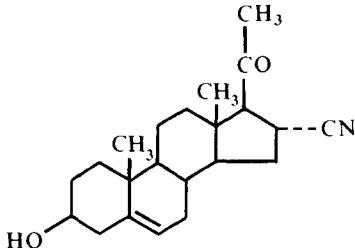
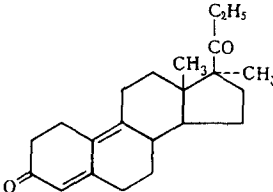
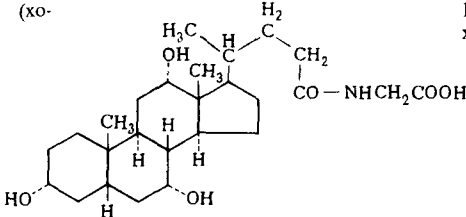


Крист. $t_{пл}$ 235 $\div$ 240. Раств-сть: р. H_2O ; 1,8 EtOH; н.р. $CHCl_3$. Получаемые преп. обычно имеют чистоту 80%. Образует эквимольный нераств. комплекс со свободным холестеринном. Осаждает также β -гидроксистероиды, кроме соединений эпи- C_{10} , и исполъз. с этой целью как анал. реагент. Агликон - дигитогенин: M 448,6; получ. см. [JACS **64**, 1843 (1942)]. Дигитовин исполъз. как ПАВ.

Кальцитриол (1,25-дигидроксиколекальциферол; 9,10-секо(5Z,7E)-5,7,10(19)-холестатриен-1 α ,3 β ,25-триол; 1,25-дигидроксивитамин D_3 ; 9,10-секо(5Z,7E)холестатриен-5,7,10(19)-триол-1 α ,3 β ,25)



Раств-сть: н.р. H_2O ; р. орг. раств-ли. Главный почечный гормон; наиболее активно участвует в контроле транспорта Са в кишечнике. Клетки слизистой оболочки содержат специфический рецептор в цитоплазме, который транспортируется в клеточный хроматин. В клинической практике исполъз. для поддержания больных гипокальциемией, находящихся на хроническом диализе.

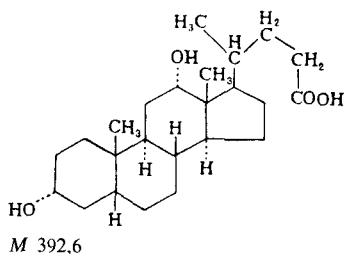
Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Метилтриенолон (17β-гидрокси-17α-метилэстра-4,9,11-триен-3-он; 17α-метилэстра-триен-4,9,11-он-3-ол-17β)	 <i>M</i> 284,4	Синт. лиганд, использ. в исследовании андрогенных рецепторов. Связывается с прогестиновыми рецепторами в некоторых тканях. См. [Steroids 28, 449 (1976)].
Прегненолон-16α-карбонитрил (3β-гидрокси-20-оксо-5-прегнен-16α-карбонитрил; 3β-гидрокси-20-оксопрегнен-5-карбонитрил-16α)	 <i>M</i> 341,5	Кататоксический стероид, индуктор монооксигеназной системы печени, метаболизирующей лекарства. См. [Steroids 31, 849 (1978)].
Промгестон (17α,21-диметил-19-норпрегна-4,9-диен-3,20-дион; 17α,21-диметил-19-норпрегнадиен-4,9-дион-3,20)	 <i>M</i> 312,5	Синт. лиганд, использ. в исследованиях прогестиновых рецепторов. См. [Contraception 10, 457 (1974)].
Желчные кислоты		
Гликохолевая кислота (хол-лиглицин)	 <i>M</i> 465,7	В желчи также найден гликодезоксикхолат.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

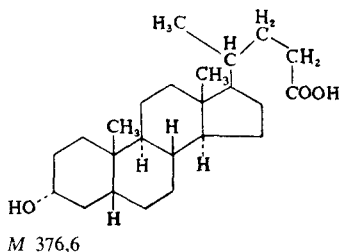
Свойства и другие данные

Дезоксихолевая кислота
(3 α ,12 α -дигидроксихолановая
кислота)



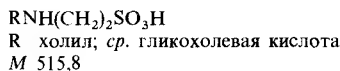
Крист. из EtOH или 60%-ной водн. укс. кисл. $t_{пл}$ 172 ÷ 176. Раств. сть: 0,02 H₂O; >20 EtOH; о. п. р. эф.; р. щел. Найдена в желчи в виде конъюгата с глицином или таурином. Не осаждается дигитонином. $pK \sim 6,6$. О. уст. координационные соединения, известные как холевые кислоты, образуются с кисл., сложными и простыми эфирами, спиртами, фенолами, углеводородами и алкалоидами. Холевая кисл., образующаяся при участии стеариновой кислоты, содержит 8 молекул дезоксихолевой кисл. и 1 молекулу стеариновой кислоты.

Литохолевая кислота (3 α -
гидроксихолановая кислота)



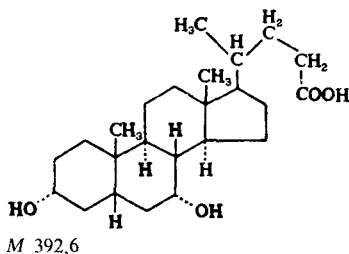
Крист. из EtOH или лед. укс. кисл. $t_{пл}$ 184 ÷ 186. Раств.-сть: р. гор. EtOH, Et-ацетат, CHCl₃, лед. укс. кисл., гор. NaOH, NaHCO₃; ум. р. эф.; н. р. H₂O, лигроин. Найдена в желчи в виде конъюгата с глицином и таурином.

Таурохолевая кислота (хо-
литтаурин)



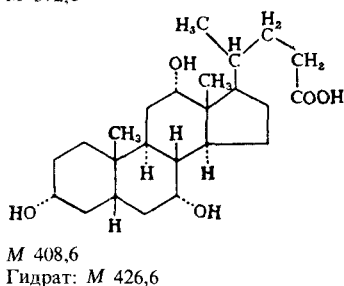
В желчи найден также тауродезокси-
холат.

Хенодезоксихолевая кислота
(3 α ,7 α -дигидроксихолановая
кислота)



Крист. из Et-ацетата. $t_{пл}$ 140. Раств.-сть: о. п. р. H₂O; р. MeOH, EtOH, укс. кисл. Найдена в виде конъюгатов с глицином и таурином в желчи.

Холевая кислота (3 α ,7 α ,12 α -
тригидроксихолановая кис-
лота; холаловая кислота)



Пластины (+H₂O) из H₂O; крист. + EtOH из EtOH. $t_{пл}$ безводн. 196 ÷ 198. Раств.-сть: 0,028²⁰ H₂O; 3,0 EtOH; м. р. эф.; р. укс. кисл., ал., CHCl₃, щел. Найдена в желчи многих животных преимущественно в виде конъюгатов с глицином или таурином. Не осаждается дигитонином. pK_a 6,4. Может крист. + EtOH или 1 H₂O, которые удаляются только при длительном нагрев. Раств. в конц. H₂SO₄, давая желт. раств. с зеленой флуоресценцией.

10. Порфирины и родственные соединения

Используемая литература. В скобках приведено используемое в данном разделе сокращение при цитировании работы.

Fischer H., Orth H., Die Chemie des Pyrrols, vol. 2, Academische Verlagsgesellschaft M. B. H., Leipzig, 1937 (*Fischer–Orth*).

Lemberg R., Legge J. W. Haematin compounds and bile pigments, 1st ed., Interscience, New York, 1949, (*Lemberg Legge*).

Falk J. E. Porphyrins, Elsevier, Amsterdam, 1964 (*Falk*).

Abderhalden's Handbuch der Biolog. Arbeitsmethoden, Abt. 1. Teil 11, p. 169 (1936) (*Fischer Abderhalden*).

Handbook of biological data, W.S. Spector (ed.) pp. 35–36, Table 26 III, Division of Biology and Agriculture, The National Academy of Sciences, 1956.

Handbook of respiration, D.S. Dittmer, R.M. Grebe (eds.), pp. 118–23, Division of Biology and Agriculture, The National Academy of Sciences, 1958.

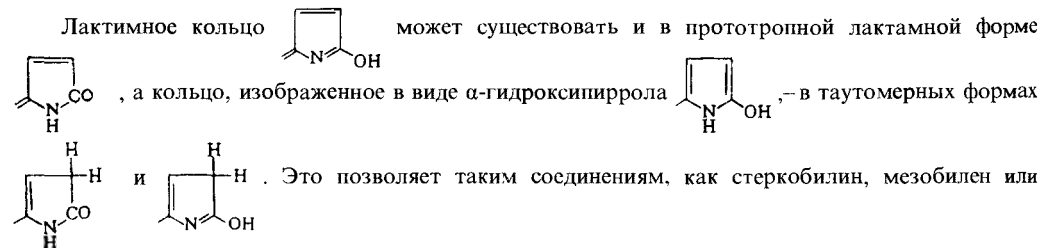
Porphyrins and metalloporphyrins, K. M. Smith (ed.), Elsevier, Amsterdam, 1978 (*Smith*)

Porphyrins, D. Dolphin (ed.), Academic Press, N. Y., 1978 (*Dolphin*).

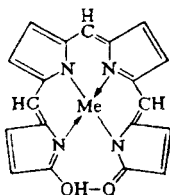
Литература, относящаяся к разд. Г «Хлорофиллы и родственные пигменты», обсуждается в замечаниях к этому разделу.

А. Желчные пигменты и родственные соединения

Все обычные природные желчные пигменты можно считать производными протопорфина-IX (см. разд. Б «Порфирины»), получаемыми окислительным расщеплением α -метиленовой связи. Поэтому они обозначаются IXa, и положение боковых цепей, таким образом, оказывается фиксированным. Боковые цепи либо идентичны таковым в протопорфинах, либо винильные группы замещены этильными (*мезо-соединения*) или в фикохромопротеинах, по-видимому, α -замещенными этильными группами, довольно прочно связанными с белком.



биливердин, имея почти планарную кольцевую структуру, образовывать комплексы с металлами, в которых один атом металла, напр. Cu или Zn, связан со всеми четырьмя атомами азота. Это кольцо, вероятно, стабилизируется водородными связями между концевыми $\alpha(>CO)$ и $\alpha'(\geq CONH)$ -группами, образующими кольца (*Lemberg Legge*, p. 118]:



Желчные пигменты в физиологических условиях гидрируются с образованием набора

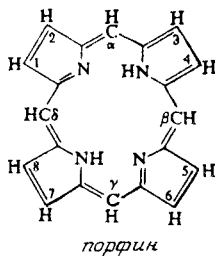
продуктов гидрирования биливердина вплоть до бесцветного стеркобилиногена. При этом затрагивается как тетрапиррольная система, так и винильные боковые цепи.

Литература

With T.K. Bile pigments, Academic Press, New York (1978).

Б. Порфирины (исключая хлорофиллпорфирины)

Порфирины можно считать производными порфина, получаемыми замещением всех или только некоторых из восьми β -водородов, например, на алкильную, гидроксильную, винильную, карбонильную или карбоксильную группу. В зависимости от расположения указанных заместителей в макроцикле возможны позиционные изомеры. В природных порфинах ни одно пиррольное кольцо не содержит двух идентичных заместителей, так что для порфиринов только с двумя типами заместителей (этиопорфирин, копропорфирин, уропорфирин) возможны четыре изомера (I–IV, только III встречается в биологических объектах). В случае трех типов заместителей возможны уже 15 изомеров. Все порфирины и металлопорфирины, участвующие в метаболизме (простетические группы гемопротеинов, хлорофиллов, витамина B_{12}), относятся именно к такому типу производных (т.е. содержат три заместителя), а именно к изомеру 9 (систематически родственному этиопорфину III).



Молекулы порфиринов можно считать практически планарными (диаметр 8,5 Å, толщина 4,7 Å), но в комплексах с металлами наблюдаются отклонения от планарности, которые в случае Fe-порфиринов могут играть важную роль в координации азотсодержащих лигандов. Помимо влияния на растворимость наличие и природа боковых цепей существенны и для распределения электронной плотности на атомах азота и, следовательно, окислительно-восстановительных потенциалов Fe-порфириновых комплексов.

Гидрирование пиррола (хлорофиллы) или его окисление (продукт фотоокисления прото-порфина) может в результате нарушения сопряжения двойных связей тетрапиррола приводить к образованию соединений зеленого цвета. Спектры таких соединений характеризуются интенсивной полосой поглощения в красной области; другие $\lambda_{\max}$ (и ϵ) в видимой области сходны у родственных порфиринов. Гидрирование порфиринового ядра по двум пиррольным атомам азота и по всем атомам углерода метиновых мостиков дает порфириногены, промежуточные соединения при биосинтезе порфиринов; известны также родственные не полностью гидрированные порфирины. Более полное обсуждение физических свойств порфиринов см. в [Lemberg – Legge; Falk; Phillips, Comprehensive Biochemistry, vol. 9, pp. 34–72, 1963].

Качественное и количественное определение. Наиболее важное значение в этой связи имеют спектральные характеристики. На положение ($\lambda_{\max}$, нм) и интенсивность (ϵ) максимумов поглощения влияют электрофильность β -заместителей, уменьшающаяся в ряду $-\text{CHO} > -\text{COCH}_3 > -\text{CH}=\text{CH}_2 > \text{алкил}$, и их положение по отношению к другим электрофильным заместителям: например, для 4-моноформилдейтеропорфина $\text{III} > \text{IV} > \text{II} > \text{I}$ (родотип, тип R); для 2,4-диформилдейтеропорфина $\text{IV} > \text{III} > \text{II} > \text{I}$ (этиотип, тип A); для 2-гидроксильалкил-4-винил-8-формил-8-дезметилдейтеропорфина $\text{III} > \text{II} > \text{IV} > \text{I}$ (оксородотип, тип OR). Замещение по метиновому мостику, как в случае филлопорфина (γ -метил), дает филлотип (тип P) спектров с $\text{IV} > \text{II} > \text{III} > \text{I}$. Заметное влияние на спектры оказывают растворители.

Для дикатионов порфина ϵ полосы Сорé гораздо выше, чем для соответствующего

нейтрального порфирина; на этом основан чувствительный метод анализа. Формулы, применяемые при анализе поликарбоксильных порфиринов в водной HCl, приведены в работе [BJ 75, 620, (1960); Falk, p. 223].

Флуорометрический метод анализа, хотя и очень чувствительный, нуждается в тщательном контроле условий эксперимента из-за сильного влияния растворителей и растворенных веществ.

Растворимость. Природные свободные порфирины – амфолиты (изоэлектрическая точка 3,5–4,5) и поэтому растворимы в минеральных кислотах и водных щелочах, особенно хорошо в водном аммиаке. На растворимость заметно влияют примеси, и точных сведений относительно растворимости чистых веществ пока очень мало. Как правило, свободные порфирины хорошо растворимы в ледяной уксусной кислоте, этилацетате, пиридине, циклогексаноне; растворимы в смеси ледяная уксусная кислота – эфир (кроме уропорфиринов), конц. H_2SO_4 и конц. NH_4OH ; умеренно растворимы в $CHCl_3$, эфире (кроме уропорфиринов); малорастворимы или нерастворимы в спиртах; нерастворимы в H_2O , петролейном эфире. Метилловые эфиры имеют, как правило, большую растворимость в органических растворителях, растворимы в бензоле, хорошо растворимы в $CHCl_3$. Они нерастворимы в щелочах и менее растворимы в водных средах. Комплексы порфиринов с металлами в общем имеют пониженную растворимость в органических растворителях. (Fe-Порфирины: х. р. в пир., смеси ацетон – HCl; н. р. или м. р. минер. кисл. Метилловые эфиры металлокомплексов: (как правило) р. в орг. раств.-лях.) Неионные детергенты, например твин 80, повышают растворимость в водных средах; анионные и катионные детергенты, хотя и обладают аналогичным действием, гораздо меньше используются в биохимических экспериментах. Более подробно о растворимости см. [Falk, p. 142].

Хлороводородное число (HCl число) порфирина определяется как концентрация HCl (% масс./об.), которая требуется, чтобы из равного объема эфирного раствора порфирина экстрагировать $2/3$ содержащегося там порфирина. Этилацетатное хлороводородное число, которое используется для метилловых эфиров поликарбоксильных порфиринов, определяется аналогично, при этом вместо эфира используется этилацетат.

Метилловые эфиры порфиринов обычно хорошо кристаллизуются из смеси MeOH – $CHCl_3$; поликарбоксильные порфирины из горячего MeOH; порфирины с карбонилами в боковых цепях из смеси $CHCl_3$ – эфир; металлокомплексы или порфирины – из бензола. Для кристаллов возможны две $t_{пл}$ или полиморфизм. Кристаллы комплексов Me-эфиров порфиринов с Cu менее подвержены полиморфизму и имеют более четкие $t_{пл}$. Изомеры порфиринов можно изучать методом рентгеноструктурного анализа порошков.

Me-эфиры могут быть получены из свободных порфиринов с использованием диазометана или MeOH, содержащего 15% (масс./об.) безводного HCl или 5% (масс./об.) конц. H_2SO_4 (как правило, при 0°C). Диазометан реагирует быстрее, однако он может взаимодействовать с формильными группами заместителей, что не позволяет использовать его для гемин [BBA 71, 150 (1963)].

Для идентификации тетрапирролов широко используется хроматография на бумаге. См. обзоры [J. Chromat. 5, 277 (1961); Smith, p. 839]. Системы на основе смеси лутидин H_2O используются для определения числа свободных карбоксильных групп. Используемый для этих же целей электрофорез на бумаге дает особенно хорошие результаты в случае порфиринов с 4–8 карбоксильными группами. Хроматография на бумаге Me-эфиров [JBC 190, 643 (1951)] предпочтительна для идентификации порфиринов с электрофильными группами и различных изомеров; используется также тонкослойная хроматография [BBA 237, 356 (1971)]. Жидкостная хроматография высокого давления нашла применение для разделения и количественной оценки содержания порфиринов в биологических жидкостях [Chromatogr. Sci. 10, 103 (1979)]. Электрофорез на бумаге – важный метод для анализа и выделения микроколичеств веществ [Clin. Chim. Acta 7, 301 (1962)].

Для идентификации свободных гемин [JBC 233, 743 (1958)] и их Me-эфиров [JBC 212, 1 (1955)] можно применять метод хроматографии на бумаге.

Несмотря на то что ИК-спектры нашли применение в основном для идентификации функциональных групп [Aust. J. Scient. Res. 4, 519 (1951)], этот метод пригоден и в целях идентификации различных изомерных форм, например копропорфирина I и III [BJ 47, 87 (1950); JBC 234, 251 (1959)].

Общие указания. Все применяемые растворители должны быть свободны от пероксидов и Cu . Следует избегать длительного пребывания тетрапирролов на свету, так как возможно протекание фотохимических реакций.

В. Железопорфирины (гемы, гемины)

Структура и номенклатура. Атом Fe образует с четырьмя пиррольными атомами азота почти планарные координационные связи в плоскости порфиринового кольца. Пятая и шестая координационные позиции атома Fe расположены перпендикулярно плоскости порфирина. При общем описании предпочтительно использовать термин «гем» (например, гем-пептид, гемопротенин, феррогем, ферригем) независимо от валентности железа. Гематин — это соединение, содержащее трехвалентное железо (например, щелочной гематин, нейтральный гематин [Lemberg - Legge p. 170]). Гемин — это соединение трехвалентного железа, в котором анион, обычно галоген, координируется с атомом железа по пятому или шестому координационному положению. Названия некоторых железосодержащих порфиринов приведены в табл. 1. Хлорины — производные порфиринов, у которых сопряжение связей в макроцикле изменено (см. разд. Б «Порфирины»). Их железосодержащие комплексы также называются гемами, например гем a_2 из цитохрома a_2 [BJ 64, 626 (1956)], Fe-хлорин (кристаллическая оксидаза из *Pseudomonas* [BBA 67, 407 (1963)]). Общий термин «гем» используется иногда также для описания комплексов железа с непорфириновыми, но близкородственными тетрапиррольными соединениями, например вердогем [Proc. R. Soc. B138, 386 (1951)] или биливердингем [Rev. pure appl. Chem. 6, 1 (1956)].

Таблица 1

Пиридинферрогемокром	α -полоса, нм	β -полоса, нм	$\Delta\alpha$ -по- ло- са, нм (относи- тельно дейтеро- гемо- хрома)
Дейтерогемокром (2:4-дигидросоединение)	545	513	
Мезогемокром (2:4-диэтилдейтеросоединение)	547	518	+ 2
Из цитохрома c (2:4-ди-(-CH(SR)CH ₃))	550	522	+ 5
Протогемокром (2:4-дивинилдейтеросоединение)	557	525	+ 12
2-Ацетилдейтерогемокром	571	530	+ 26
Из пероксидазы молока (структура?)	565 ÷ 571		+ 20 ÷ 26
4-Формилдейтерогемокром	578	548	+ 33
Из хлорокрурина (2-формил-4-винилдейтеросоединение)	580	545	+ 35
Криптогемокром a (формил-, винил- или др. винилсоединения)	581	[BBA 35, 496 (1959)]	+ 36
Оксородогемохрома эфир (2-ацетил-6-карбоксиэфир)	582		+ 37
2:4-Диформилдейтерогемокром	584	549	+ 39
Из цитохромоксидазы гемохрома a (2-гидроксикал-4-винил-8-формилсоединение)	587		+ 42
Из мислопероксидазы (структура?)	590		45

Функциональная структура. Атом Fe гемов находится в сопряжении с конъюгированными связями макроцикла. Таким образом, изменение характера сопряжения в макроцикле, как в геме a_2 , или варьирование участвующих в сопряжении заместителей в β -пирроле влияют на реакции атома Fe. Это влияние выражается в изменении либо окислительно-восстановительного потенциала (например, гем a и гем a_2) [Haematin enzymes, J. E. Falk, R. Lemberg, R. K. Morton. (eds.), p. 361, Pergamon Press, 1961], либо реакционноспособности, например сродства к кислороду у искусственных гемоглобинов [Arch. B. B. 85, 37 (1959)]. Другие изменения в свойствах простетической группы гема могут быть вызваны природой и пространственным расположением связей железо-белок.

In vivo гемины соединяются с белками и в спектрах ЭПР имеют высоко- или низкоспиновые характеристики. Взаимодействия лигандов см. [Adv. Biophysics 11, 153 (1978)].

Ключевое свойство гемов — их способность поддерживать окислительно-восстановительное состояние системы. Окислительно-восстановительные потенциалы Fe-порфиринов и гемопротеинов см. [Handbook of Biochemistry, H. A. Sober (ed.), Chemical Rubber Co. Ohio, Section J. 35]. Обзор электронных свойств гемов см. [Adv. Biophys. 11, 13 (1978)].

Количественный анализ гемов основан чаще всего на определении экстинкции α -полосы ферро-гемохрома; кроме того, используется также дифференциальный метод, основанный на сравнении экстинкции ферро-ферригемохромов [BJ 87, 181 (1963)] при условии, что ферригемохром полностью окисляется. Электрофильно замещенные гемохромы трудно поддерживать в полностью окисленном состоянии.

Водный раствор гемов. Гемы растворимы в щелочных растворах или в водных детергентах при физиологических значениях pH [BJ 87, 181 (1963)].

Характеристика протетических групп гемов — гемохромов. В качестве первого шага к идентификации заместителей в β -пирролах большую ценность представляют спектральные данные для дипиридинферрогемохрома (пиридингемохромогена). Данные табл. 1 применимы к соединениям, имеющим ту же систему сопряженных связей в макроцикле, что и в протогеме. Один электрофильный заместитель смещает максимум поглощения α -полосы гемохрома в красную область; введение второй или третьей сильной электрофильной группы вызывает меньший эффект, чем первый заместитель. Электрофильные заместители в противоположно расположенных пирролах (но не в прилегающих) имеют тенденцию нивелировать β -полосу. Пиридин (20–30%, об./об.) используют в качестве стандартного основания; для полного разрушения связей Fe-белка в гемопротеинах может потребоваться щелочная обработка (0,01–0,1 M NaOH), однако присутствие щелочи может быть причиной смещения или появления новых полос; для формилгемов [Nature, Lond. 193, 373 (1962)], гемов с щелочелабильными боковыми цепями (например, пероксидаза молока [BBA 71, 157 (1963)]), гемов, замещенных неэтерифицированными карбоксильными группами, сопряженными с порфирином [Nature, Lond. 192, 750 (1961)], обычным восстановителем служит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

Обзор новых методов выделения и определения структуры гемов см. [Meth. Enzymol. 52, 421 (1978)].

Г. Хлорофиллы и родственные пигменты

Номенклатура. Хлорофилловые пигменты — магниевые комплексы различных тетрапирролов (см. формулы). Их можно рассматривать как производные протопорфирина — порфирина с двумя карбоксильными заместителями (свободными или этерифицированными). Так, хлорофилл а имеет карбоксиметильную группу при C_{10} , фитоловый эфир пропионовой кислоты при C_7 . Удаление магния, легко достигаемое мягкой кислотной обработкой, дает продукт, известный как феофитин. Гидролиз фитоловой эфирной связи хлорофилла приводит к образованию хлорофиллида (хлорофиллид, лишенный атома металла, известен как феофорбид).

Все эти соединения интенсивно окрашены и сильно флуоресцируют, исключая те случаи, когда они растворены в органических растворителях в строго безводных условиях. Они имеют характерные спектры поглощения, пригодные для качественного и количественного определения пигментов. Для этой же цели часто используются также данные о растворимости этих соединений в HCl, в частности для определения наличия или отсутствия этерифицированных спиртов. Хлороводородное число определяется как концентрация HCl (% масс./об.), при которой из равного объема эфирного раствора пигмента экстрагируется $\frac{2}{3}$ общего количества пигмента. «Фазовый» тест — окрашивание зоны раздела фаз — проводят, подслаивая под эфирный раствор хлорофилла равный объем 30%-ного раствора КОН в MeOH. В интерфазе должно образоваться окрашенное кольцо [Smith–Benitez, p. 192]. С помощью тонкослойной хроматографии (например [Planta 58, 564 (1962)]) можно быстро определять хлорофиллы в сырых экстрактах. См. также [Holden, in: Plant Pigments].

Хлорофиллы неустойчивы на свету; они могут окисляться до алломерных хлорофиллов на воздухе в метанольном или этанольном растворе.

Хлорофиллы образуют комплексы с белками *in vivo* и могут быть выделены в таком виде

[Rev. Photochem. Photobiol. **29**, 203 (1979)]. В составе комплексов их спектры поглощения значительно отличаются от спектров свободных хлорофиллов в органических растворителях.

Хлорофиллы можно получить в виде кристаллов. Добавление H_2O или Ca^{2+} к органическому растворителю способствует кристаллизации.

Литература.

Fischer H., Stern A., Die Chemie des Pyrrols, vol. 2, pt. ii, Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig, 1940 (Fischer Stern).

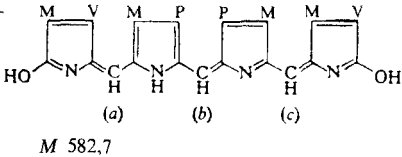
Smith J. H. C., Benitez A. Modern methods of plant analysis, K. Paech, M. V. Tracey (eds.), vol. 4, p. 142, Springer-Verlag, Berlin, 1955 (Smith Benitez).

French C. S., Handb. PflPhysiol. **5**, 252 (1960).

Strain H. H., Chloroplast pigments and chromatographic analysis, Pennsylvania State University, 1958.

Vernon L. P., Seely G. R. The chlorophylls, Academic Press, New York, London, 1966 (Vernon Seely). Chemistry and Biochemistry of plant pigments, T. W. Goodwin (ed.), 2nd edn., Academic Press, London, 1976.

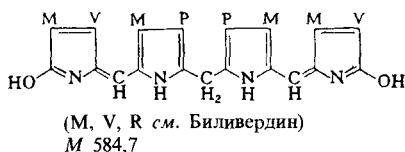
А. Желчные пигменты и родственные соединения

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Биливердин (дегидробилирубин; билатриен-IXa)	 M 582,7	Спектр: в MeOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 392 (25) и 640 (10,4). Синие-зеленые иглы (MeOH). При нагрев. чернеет. Раств-сть: х. р. щел., гор. лед. укс. кисл., гор. MeOH; м. р. $CHCl_3$, эф. (экстр. из эф. в 2%-ную HCl). Содержится в желчи птиц, амфибий, плаценте собак (утеровердин), яичной скорлупе (ооциан), меконии ребенка при патологиях, тканях и жидкостях. Р-ция Гмелина положительная; р-ции Ван-ден-Берга и Эрлиха отрицательные. С ацетатом $Zn + I_2$ дает зелено-голубое окрашивание ($\lambda_{\max}$ 637 нм) с интенсивной красной флуоресценцией. Получ. см. [JCS 1961, 2264]. Опр. см. [BJ 35, 363 (1941)].
Биливердин солянокислый	M 619,1	Спектр: в MeOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 377 (48) и 680 (28); 5%-ной HCl $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 372 (47) и 665-670 (23,5). Зелен. крист. Раств-сть: р. гор. MeOH, лед. укс. кисл.; м. р. разб. HCl. Диметилловый эфир: $t_{пл}$ 216 ÷ 233; получ. см. [Bull. Soc. Chim. Biol. 27, 621 (1945)]. Мезобиливердин: этильная гр. вместо винильной; встречается в качестве простетических гр. синие-зеленых хромопротеинов наружного покрова насекомых и гемолимфы; в свободном виде в организмах некоторых позвоночных. Получ. см. [BJ 45, 199 (1945)].

Соединение (синонимы)

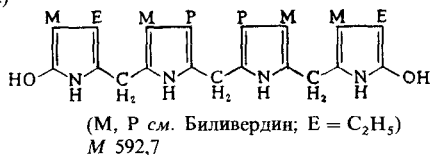
Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

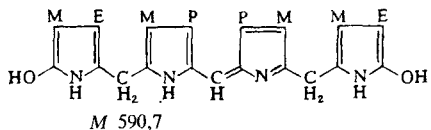
Билирубин (биладиен(*a,c*)-IXa)

Спектр: в CHCl_3 λ_{max} 450 (ϵ 56 $\div$ 61). в сыворотке λ_{max} 460 (ϵ 42 $\div$ 57). Крист. от желт. до красно-коричн. цвета. При нагрев. чернеет. Раств-сть: р. шел., гор. CHCl_3 ; м. р. лед. укс. кисл.; о. п. р. EtOH , эф.; н. р. H_2O , кисл. Содержится в желчи, желчных камнях (Са-соль); в желчи гл. обр. в виде диглюкуронида; при патологиях в тканях, сыворотке, моче при желтухе. Р-ции Ван-ден-Берга и Гмелина положительные. С ацетатом $\text{Zn} + \text{I}_2$ - как биливердин. Прямые и косвенные методы анализа см. [Clin. Chim. Acta 8, 149 (1978)]. Конъюгированный и свободный билирубин разделяются ВЭЖХ. [J. Liq. Chromat. 2, 37 (1979)]. Получ. см. [JBC 202, 305 (1953)]. Сухое тв. в-во уст.; р. в CHCl_3 ; уст. в темн., шел. раств. быстро окисл. Диметилловый эфир: $t_{\text{пл}}$ 198 $\div$ 200. Мезобилирубин: этильная гр. вместо винильной. Получ. см. [ZPC 268, 225 (1941)].

Мезобилан-IXa (уробилиноген, мезобилирубиноген)



Бесцветный (не поглощает). $t_{\text{пл}}$ 197 $\div$ 203. Раств-сть: х. р. шел., NH_4OH ; р. эф., бенз., Et-ацетат; м. р. H_2O , petr. эф. Составляет меньшую часть «стеркобилиногена» и «уробилиногена» фекалий и патологической мочи. Неуст.; крист. темнеют даже в отсутствие O_2 и света. В раств. окисл. на возд. до мезобилина(*b*)-IXa. Альдегидная р-ция Эрлиха положительная, р-ции Ван-ден-Берга и Гмелина отрицательные. С FeCl_3 окисл. до мезобиливердина. Получ. см. [Fischer - Orth, 692].

Мезобилин(*b*)-IXa (уробилин, уробилин-IXa)

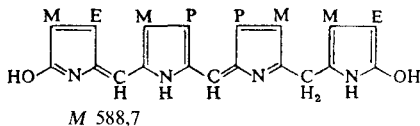
Спектр: в диоксане λ_{max} (и ϵ) 330 (3,6) и 452 (26). Оранж.-красные крист. $t_{\text{пл}}$ 190; синт. 177 (темнеет 158, спекается 171). Раств-сть: х. р. MeOH , EtOH , лед. укс. кисл., шел.; р. CHCl_3 , ац.; м. р. эф. (экстрагируется из эф. разб. укс. кисл.). Меньшая часть «стеркобилина» и «уробилина» фекалий и патологической мочи. Неуст., легко дегидрируется до мезобиливиолина и мезобиливердина, напр. при обработке FeCl_3 . Крист. удерживают CHCl_3 (соединение?). Легко соединяется с Zn , Cu . Zn -Комплекс с ацетатом Zn в EtOH : сильн. зеленая флуоресценция (F_{max} 509 нм); пент-диопентовая р-ция положительная. Оптически неактивен. Синт. см. [ZPC 242, 101 (1936)]. Получ. см. [Fischer - Orth, 685].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

Мезобилин(Ь)-IXa соляно- М 627,2
кислый

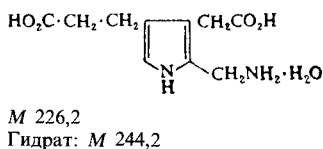
Спектр: в диоксане $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 380 (6,6) и 494 (45); в EtOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 232 (17), 378 (7,2) и 490 (50); в MeOH-HCl (обр. спектр) $\lambda_{\max}$ 494 $\div$ 495. $t_{\text{пл}}$ 191 $\div$ 200 (CHCl₃). $t_{\text{пл}}$ нерезко выражена (удерживает CHCl₃). Раств-сть: х. р. MeOH, EtOH, лед. укс. кисл.; р. CHCl₃; м. р. укс. кисл., бенз., H₂O.

Мезобиливиолин (мезо-
биладиен(2'а, 5'б))



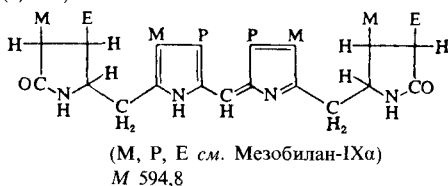
Спектр: в CHCl₃ $\lambda_{\max}$ 570. Аморф. в-во. Раств-сть: х. р. спирты, CHCl₃; лед. укс. кисл., щел.; р. эф. (экстрагируется из эф. в 0,1 М HCl), кисл.; н. р. H₂O, разб. укс. кисл. См. Фикоцианобилин. Неуст. Характерный Zn-содержащий комплекс в EtOH, сильная красная флуоресценция ($F_{\max}$ 625 (575) nm). Получ. см. [Biochemistry 2, 375 (1963)].

Порфобилиноген

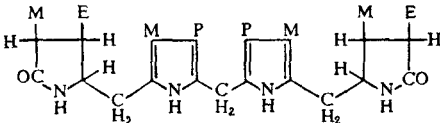
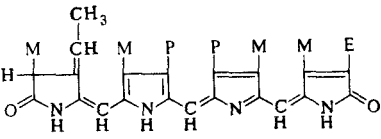


Бесцв. крист. Темнеют при 120 $\div$ 130. $t_{\text{разл}}$ 170 $\div$ 180. Раств-сть: р. разб. щел., NH₄OH, пир.; почти н. р. H₂O, обычные орг. раств-ли. Нежелчный пигмент. Промежуточное соединение в биосинтезе порфирина. Найден в моче больных острой порфирией. Водн. раств. неуст., образует порфобилин на свету, урорпорфин при кипячении. рК' 3,70; 4,95; 10,1. Гидрохлорид моногидрата: иглы из 2 М HCl; $t_{\text{пл}}$ 165 $\div$ 170 (разл.). Красное окрашивание с альдегидным реагентом Эрлиха. Hg соль: н. р. Лактам: $t_{\text{пл}}$ 281 $\div$ 284; получ. см. [BJ 57, 476 (1954)]; опр. см. [JBC 219, 435 (1956)].

Стеркобилин (I-уробилин;
тетрагидромезобилин(Ь)-IXa)



Спектр: в диоксане $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 332 (4,0) и 456 (34); в EtOH варьирует с рН, при рН 4,48 $\lambda_{\max}$ 490 (ϵ 74). Желт. крист. $t_{\text{пл}}$ 236. Раств-сть: х. р. EtOH, MeOH, лед. укс. кисл., щел., NH₄OH, пир.; р. CHCl₃, ал.; м. р. H₂O, разб. кисл., эф.; н. р. петр. эф. Составляет большую часть «стеркобилина» и «уробилина» фекалий и патологической мочи. Уст. Узкие призмы из CHCl₃. $t_{\text{пл}}$ 234 $\div$ 236. $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -824 (в лед. укс. кисл.). Zn-комплекс: в EtOH дает сильную зеленую флуоресценцию ($F_{\max}$ 507 nm). Р-ции Гмелина, Ван-ден-Берга, пентдиоцентова и с FeCl₃ отрицательные. Получ. см. [JBC 114, 47 (1936); Chem. Ind. 1955, 652]; опр. см. [J. Lab. Clin. Med. 54, 1 (1959)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Стеркобилин солянокислый	<i>M</i> 631,2	Спектр: в диоксане $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 228 (16,2), 350 (8,1) и 490 (69); в EtOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 228 (16,2), 372 (8,5) и 488 (55); в CHCl ₃ $\lambda_{\max}$ 493 (ϵ 71); в MeOH-HCl (обр. спектр) $\lambda_{\max}$ 492. Желт. призмы (CHCl ₃). $t_{\text{пл}}$ 120 $\pm$ 165 (нерезко выражена, разл.). Раств-сть: х. р. EtOH; р. CHCl ₃ , ал.; м. р. Et-ацетат, разб. HCl; н. р. эф., петр. эф.
Стеркобилиноген (<i>l</i> -уробилиноген; тетрагидромезобилан-IXa)	 <i>M</i> 596,8	Бесцв. аморф. в-во. Раств-сть: р. спирты, щел., NH ₄ OH, CHCl ₃ ; м. р. эф.; н. р. H ₂ O. Составляет большую часть «стеркобилиногена» и «уробилиногена» фекалий и патологической мочи. Легко окисл. до стеркобилина. Получ. см. [ZPC 238, 59 (1936)].
Фикоцианобилин	 <i>M</i> 586,7	Спектр: в смеси 5%-ный пир. CHCl ₃ $\lambda_{\max}$ 590 и 367; в CHCl ₃ -HCl $\lambda_{\max}$ 662 и 375; в 5%-ной HCl-MeOH $\lambda_{\max}$ 690 и 374. Раств-сть: р. H ₂ O, полярные орг. раств-ли. Представляет собой хромофорную группу <i>алло</i> -фикоцианина, С- и R-фикоцианинов синезеленых водорослей и сопутствующих пигментов красных водорослей; присутствует также в криптофитах. Хромофорная гр. фитохрома высших растений имеет сходную структуру. Получ. см. [Am. J. Bot. 55, 314 (1968); BJ 105, 903 (1967); Phytochemistry 5, 993 (1966)]. Пигмент превращается в мезобиливиолин или биливердин на некоторых стадиях выделения. Фикоэритробилин структурный изомер, ковалентно связанный с белком С- и R-фикоэритрина. Получ. см. [Biochem. Soc. Symp. 28, 110 (1968); J. Biochem. 51, 89 (1962); JACS 89, 5976 (1967); BJ 80, 25P (1961)]. Синт. см. [JACS 100, 5928 (1962)].

Б. Порфирины

Хлорофиллпорфирины не включены

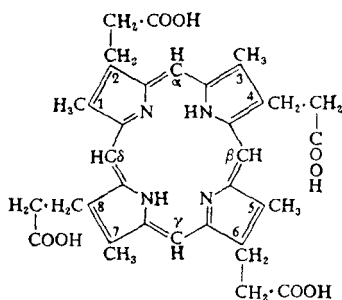
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Дейтеропорфирин 9 (копратопорфирин Шумма)	1,3,5,8-Тетраметил-6,7-ди(2'-карбокси)этилпорфирин <i>M</i> 510,6	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ 621,5, 567, 526 и 494; в пир. $\lambda_{\max}$ 621, 566, 530 и 497; в 25%-ной HCl $\lambda_{\max}$ 591, 548 и 404; в 0,1 М HCl $\lambda_{\text{полх}}$ (и ϵ) 588 (5,34)

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Копропорфин I (копро I)



1,3,5,7-Тетраметил-2,4,6,8-тетра-
(2'-карбокситетил)порфин
M 654,7

548 (13,7) и 398 (433). Тип А. Крист. (пир.-лед. укс. кисл.). Содержится в фекалиях, разлагающейся крови, гниющем мясе. HCl-число 0,3. Эфир - 0,45%-ная HCl K 0,36. Na-соль: н.р. H₂O. Дигидрохлорид: р. CHCl₃; экстрагируется CHCl₃ из 0,2% HCl. Cu-комплекс: иглы из CHCl₃ - укс. кисл. $t_{пл}$ 335. Ключевое соединение при определении структуры и получения модельных соединений, представляющих биохимический интерес. Получ. см. [JBC 202, 781 (1953); JACS 74, 6276 (1952)]. Опр. см. [JBC 208, 537 (1954); BJ 49, 157 (1951)].

Спектр: в эф. λ_{max} 623,5, 567,5, 528, 495 и 398; в 25%-ной HCl λ_{max} (и ϵ) 593 (5,5), 550 (16,2) и 406; в 1 M HCl λ_{max} (и ϵ) 591 (6,1), 548 (17,5) и 401 (470); в 0,1 M HCl λ_{max} 399,5 (ϵ 489). Тип А. Призмы (из пир.-лед. укс. кисл.). В след. кол-вах содержится в нормальной сыворотке (особ. зародышей), амниотической жидк., меконии. Организм взрослого человека в норме экскретировал 40 - 160 мкг/сут. Экскреция с мочой повышается при патологии. Содержится в иглах ежа, раковинах моллюска *Pinctada vulgaris*, микроорганизмах, дрожжах, растениях. HCl-число 0,09, Et-ацетат-HCl-число 0,35. Не экстрагируется CHCl₃ из разб. HCl. Коллоидный раств. в H₂O. Zn-комплекс: λ_{max} 575, 539, 408 нм. Cu-комплекс λ_{max} 561, 524, 400 нм. Na, K соли: р. H₂O и сильн. щел. Дигидрохлорид: фиол.-красные бипирамидальные крист.; коллоидный раств. в H₂O, эфире, CHCl₃. Наилучший источник: меконий. Легко получ. декарбоксилированием урпорфрина I. Получ. см. [JBC 227, 505 (1957)]. Опр. см. [Meth. Biochem. Anal. 8, 221 (1960)].

Копропорфин III (копро III)

1,3,5,8-Тетраметил-2,4,6,7-тетра-
(2'-карбокситетил)порфин
M 654,7

Спектры: в эф., 0,1 и 1 M HCl идентичны спектрам копропорфина I. Крист. с трудом; глобулярные агрегаты. В след. кол-вах содержится в нормальных эритроцитах и моче (организм взрослого человека в норме экскретировал 20 - 80 мкг/сут). Возрастает при порфириях и состояниях токсикоза (сульфонамиды). Содержится в перьях совы, корневых клубеньках бобовых и др. растений, дрожжах и бактериях, особ. при дефиците

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

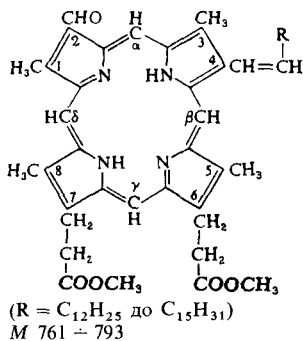
Свойства и другие данные

Fe. Получ. см. [Biochem. Prep. 7, 36 (1960); JCS 1958, 1430]. Опр. и спектры катионов см. [Clin. Chim. Acta 89, 25 (1978)]. HCl-число 0,09. Na, K соли: р. H₂O, сильн. шел. Дигидрохлорид: красные призмы; х.р. H₂O; Et-ацетат-HCl-число 3,5. Дифференцируется от копро I тонкослойной хроматографией [J. Chromat. 10, 236 (1963)]. pK₃ 7,2 (20°C); pK₂ 4,2 (20°C).

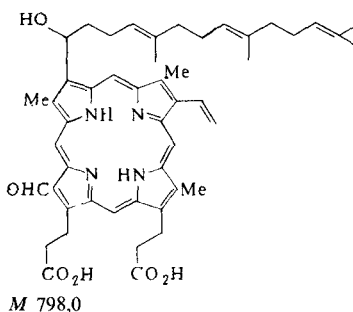
Спектры: в CHCl₃ λ_{max} (и A_{1cm}^{1%}) 642,5, 584 (31), 559 (127), 519 (194) и 416 (148); в 10%-ной HCl λ_{max} 613,5 и 533. Тип R. Призмы. t_{пл} 254 ÷ 257. Листочки. t_{пл} 259 ÷ 260. Пластины (пентаг.). t_{пл} 256 ÷ 260. Содержится в сердечной мышце быка, печени; грудной мышце голубя. В дрожжах и бактериях (*S. Lutea*) в виде гемина [BVA 54, 573 (1961)]. Найден в сырых препаратах порфирина *a* в виде свободного порфирина. HCl-число 4,0. В виде гемина содержится в препаратах из сердечной мышцы быка [JBC 233, 743 (1958)]. *M* вычисляется из удельной экстинкции.

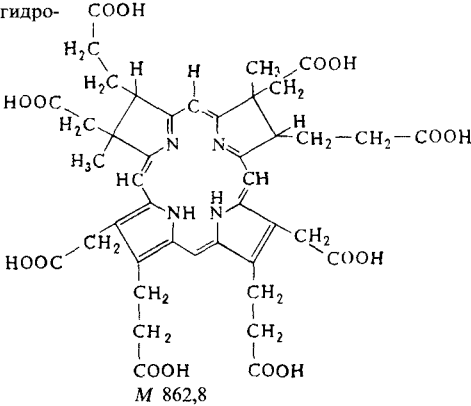
Спектры: в эф. λ_{max} (и ε) 647 (1,3), 582 (10,9), 558 (21), 518 (8,86) и 414 (160) – тип OR; в CHCl₃ λ_{max} 646, 584,5, 563,5, 520 и 418,5 тип OR; в 5%-ной HCl λ_{max} 614,8 и 559,1; в 25%-ной HCl λ_{max} 619,0 и 564,2; спектр диметилового эфира в эфире λ_{max} (и A_{0,1cm}^{1%}) 647, 584 (2,28:1), 560, 577 и 412, t_{пл} диметилового эфира 128 ÷ 130. Является основой гема, служит простетической гр. цитохромоксидазы (цитохром *a*+*a*₃) и цитохрома *a*₁ (бактерии, напр. *E. coli*). Природный порфирин *a* (α-форма): HCl-число 15. Переход в спектрально идентичный порфирин *aβ* (HCl-число 5) происходит при выдерживании порфирина *aa* в водн. HCl или подкисл. орг. раств. лях. При удалении Fe из гемина могут образовываться продукты превращения последнего. Чрезвычайно фоточувствителен. Cu-Комплекс: λ_{max} 598, 550 нм. В прел. в равном кол-ве содержится второй, более полярный компонент неизвестной структуры. Получ. см. [BJ 78, 793 (1961)].

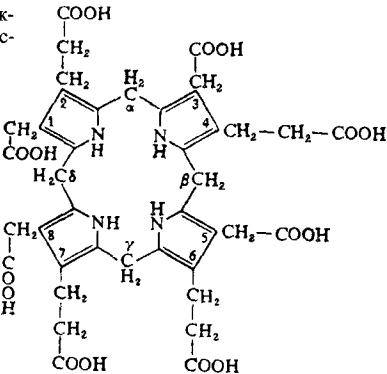
Криптопорфирин *a*, диметиловый эфир

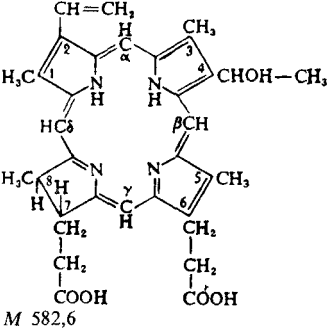


Порфирин *a* (цитопорфирин)

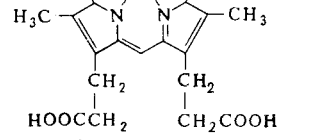
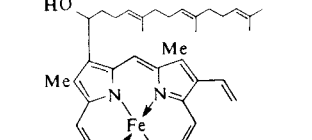
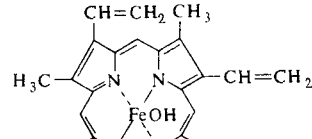


Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Протопорфирин 9 (гемато-порфиroidин Шумма; порфирин Каммерера; порфирин Снаппера; оопорфирин)	1,3,5,8-Тетраметил-2,4-дивинил-6,7-ди(2'-карбокси)этилпорфин M 562,7	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ 633, 576, 538 и 503 - тип А; в диоксане $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 631 (5,2), 576 (6,5), 538 (10,8) и 504 (14,8) - тип А; в 25%-ной HCl $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 602 (5,9), 557 (16,4) и 411 (278); в 2,7 M HCl $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 598 (5,75), 554 (13,5) и 408 (262). Крист. из MeOH - KOH, пир., эф. Содержится в виде протогема (см.) в гардеровых железах крыс, яичной скорлупе, незрелых эритроцитах, мутантных бактериях и дрожжах, лишенных железа. Встречается в виде монометилового эфира в водорослях, дрожжах и фотосинтезирующих бактериях. HCl-число 2,5. Неуст. в раств., особ. на свету. Na-соль: м.р. H ₂ O, осаждается из сильн. щел. Твин 80 способствует растворению в H ₂ O. К-соль можно закристаллизовать. Дигидрохлорид: р. CHCl ₃ . Легко гидратируется в разб. HCl. Получ. см. [BJ 63, 87 (1956)]. Опр. см. [Clin. chim. acta 89, 25 (1978)].
Сирохлорин (сирогидро-хлорин)	 M 862,8	Спектр: в MeOH, подкисленном H ₂ SO ₄ $\lambda_{\max}$ (и $A_{\text{отн}}$) 618 (1), 575 (0,52), 523 (0,45), 492 (0,45), 403 (3,6), 383 (3,2) и 373 (3,2); в CHCl ₃ $\lambda_{\max}$ 638, 588, 545, 510, 480, 378 и 362. Спектры производных: Cu $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 585 (2), 545 и 397; Zn $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 605 (3), 560 и 408. Содержится в виде гема простетической гр. SO ₃ ²⁻ и NO ₂ ⁻ -редуктаз шпината, <i>E. coli</i> , серных бактерий. В виде свободного изобактериохлорина в <i>Propionibacterium shermanii</i> ; предшественник витамина B ₁₂ . Получ. см. [Tetrah. Lett. 2217 (1977); JBC 248, 6911 (1973)]. По хроматографич. и электрофоретич. свойствам напоминает уропорфирин. Флуоресценция: в 2 M HCl; $F_{\max}$ 628 (660 нм.). В пиперидине $F_{\max}$ 596, 639 ($\Phi_{596} > \Phi_{639}$); в CHCl ₃ $F_{\max}$ 597, 640 ($\Phi_{597} > \Phi_{640}$).
Уропорфирин I (уринпорфирин; уро I)	1,3,5,7-Тетракарбоксиметил-2,4,6,8-тетра(2'-карбокси)этилпорфин M 830,7	Спектр: в 25%-ной HCl $\lambda_{\max}$ 597, 554 и 410; в 0,5 M HCl $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 594 (6,52), 552 (18,3) и 405 (541). Иглы (пир. - лед. укс. кисл.). В след. кол-вах содержится в нормальной моче (при патологиях, особ. при врожденной порфирии, экскреция увел.), а также в раковинах моллюсков. Легко даст копропорфирин I в результате частичного декарбоксилирования. Етапетат-HCl-число 0,1. Раств-сть: н.р. эф. Получ. см. [JBC 233, 501 (1958); BJ 57, 476 (1954); 50, 202 (1952)]. Опр.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Уропорфирин III (уро III)	1,3,5,8-Тетракарбоксиметил-2,4,6,7-тетра(2'-карбокси)этилпорфин M 830,7	см. [J. Chromat. 10 , 141 (1963); BJ 75 , 620 (1960); Br. J. Ind. Med. 35 , 61 (1978); S. afr. J. lab. clin. med. 45 , 221 (1971); Z. anal. chem. 252 , 104 (1970); BJ 55 , 105, 109, 867 (1953); Clin. Chem. Acta 7 , 301 (1962)]. Спектр: в 0,5 М НСl качественно и количественно идентичны уро I (см.). В след. кол-вах содержится в нормальной моче, при патологиях (особ. при острой порфирии) и экспериментальной порфирии (напр., индуцированной седормидом) экскреция увел. В виде Cu-комплекса (гурацин) содержится в перьях Turacos [BJ 50 , 194 (1951)]. Et-ацетат-НСl-число 9,4. Легко дает копропорфирин III в результате частичного декарбоксилирования. Электрофорез на бумаге — важный метод получения этого и др. поликарбоксипорфиринов [Clinica Chim. Acta 7 , 301 (1962)]. Cu-Комплекс (гурацин): тонкие иглы; р. разб. щел.; н.р. эф., CHCl_3 , EtOH, лед. укс. кислот.; λ_{max} 562,5, 526 нм в (щел.) и 583, 542 нм (в кисл.). Получ. [JBC 227 , 505 (1957); BJ 55 , 109, 867 (1953)]. Спектры катионов и опр. см. [Clin. Chim. 25 , 71 (1979)].
Уропорфириноген III (гексагидроуропорфирин, уроспектрин, уроген III)	 M 836,8	Спектр: в H_2O λ_{max} 202 (ε 50). Содержится в моче, особ. при патологиях [J. Lab. Clin. Med. 37 , 831 (1951); Aust. J. exp. Biol. med. Sci. 31 , 457 (1953)]. Промежуточное соединение при биосинтезе порфирина. Легко окисл. иодом до уропорфина, тетрагидро (λ_{max} 500 нм) и дигидро (λ_{max} 737, 440 нм) уропорфина в качестве промежуточных соединений. Фотокаталитически аутоокисл. Др. порфириногены см. [JBC 236 , 1173 (1961); Falk, p. 8]. Получ. см. [JBC 232 , 1141 (1958)]. Опр. см. [Nature 181 , 1592 (1958)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Хардеропорфирин	2-Винил-1,3,5,8-тетраметил-4,6,7-три(2'-карбокси)этилпорфин M 608,7	Спектр триметилового эфира: в CH_2Cl_2 λ_{max} (и ϵ) 630 (5,37), 574 (10,2), 540 (13,0), 507 (17,4) и 405 (178) — тип А. Найден в гардеровых железах крыс; предшественник протопорфирина 9. Получ. см. [FEBS Lett. 6, 9 (1970); 7, 205 (1970); Smith, p. 52]. ВЭЖХ см. [JCS, Perkin 7, 1188 (1974)].
Хлорин a_2	 M 582,6	Спектр: в эф. λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 653 (3,3), 598 (0,3) 573, 534, 503 (1) и 405 (12); в 10%-ной HCl λ_{max} 630, 536 и 405; в 20%-ной HCl λ_{max} 647, 530 (диффузный) и 412. В виде геминовой простетической гр. цитохрома a_2 содержится в бактериях (<i>A. aerogenes</i> , <i>E. coli</i>). Структура окончательно не установлена. HCl-число 10. Превращение в порфирин может происходить при удалении Fe из феррохлорина. Феррохлорин лучше всего определять в виде хлороферрохлорина (гемина): λ_{max} 603–604 нм; пириндингеомохром (λ_{max} 613 ÷ 614 нм) чрезвычайно неуст.; получ. в виде ассоциата с липидом. Получ. см. [BJ 64, 626 (1956)].
Хлорокуропорфирин (порфирин <i>Spirographis</i>)	1,3,5,8-Тетраметил-2-формил-4-винил-6,7-ди(2'-карбокси)этилпорфин M 564,6	Спектр: в эф. λ_{max} (и ϵ) 642 (592,5) 583, 555 и 514,5 — тип R; в диоксане λ_{max} (и ϵ) 639 (2,3), 581 (7,9), 553 (12,4) и 514 (10,3) — тип R; в 4%-ной HCl λ_{max} 614, 565 и 418; в 20%-ной HCl λ_{max} 616, 565 и 421. Тонкие иглы-призмы (эф.). HCl-число 4,6. Твин 80 солубилизирует хлорокуропорфирин в водн. буферных раств. Содержится в виде хлорокуропорогема — простетической группы хлорокуроина <i>Spirographis sabella</i> . Получ. см. [ZPC 242, 139 (1936)].

В. Железопорфирины (ге́мы, гемины)

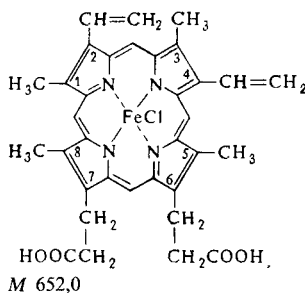
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Гем (ферропротогем IX; протогем; ферропротопорфирин; восстановленный гематин)	 M 616,5	Спектр: при pH 7–12 (боратный или фосфатный буфер) $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 570 $\div$ 580 (5,5 $\div$ 6,5). Раств-сть: н.р. H₂O, разб. кисл.; м.р. разб. щел.; р. EtOH эф. Представляет собой простетические группы деоксигенированных гемоглобинов, позвоночных, эритрокуринов, миоглобинов, восстановленных цитохромов <i>b</i>, ? цитохром-с пероксидазы, ? триптофанпирролазы. Быстро аутоокисл. Fe удаляется под действием HCl (см., напр., [Aust. J. exp. Biol. med. Sci. 34, 211 (1956)]). В раств. существует в виде димера. Лигандами по координационному положению 5 и 6 являются молекулы H₂O. Получ. см. [Experientia 28, 1396 (1972)]. Легко образует феррогемохромины с основаниями. Пиридингемохром $\lambda_{\max}$ (0,2 M NaOH 25%-ный пир.) 557, 525 нм (ϵ mM Fe 31–35, 16 17,5). [JBC 140, 373 (1941); Acta chim. scand. 7, 1284 (1953)].
Гем α (цитогем)	 M 851,8	Спектр: в Fe²⁺-гем, pH 7,5 $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 598 (9,7) и 410 (69); в пир. -0,1 M NaOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 587 (30) и 430 (117); в Fe²⁺ - CO pH 7,5 $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 607 (18,9) и 428 (79); в Fe²⁺ - CN + 0,1 M NaOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 598 (23,0), 534 (10,9) и 446 (10,1); в Fe³⁺ CN + 0,1 M NaOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 635 (9,0) и 405 (60); в Fe³⁺ + pH 7,5 $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 635 (79) и 400 (67). Раств-сть: р. эф., CHCl₃, ац.; н.р. H₂O, разб. кисл. Представляет собой простетическую группу цитохром-оксидазы <i>a</i> + <i>a</i>₃, <i>a</i>₁, <i>a</i>. Образует основания Шиффа с денатурированным белком, $\lambda_{\max}$ при этом смещается в фиолетовую область. Получ. см. [BJ 78, 793 (1961); JBC 250, 7602 (1975)]. Образует комплексы с OH, O₂, H₂O₂, пир., CO, -CN.
Гематин (феррипротогем IX; гидроксиферрипротопорфирин; щелочной гематин)	 M 633,5	Спектры: в боратном буфере, pH 10,0 $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 600 (4,5); в 0,1 M водн. NaOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 610 (4,6) и 385 (58,44); в 5 · 10⁻⁴ M водн. NaOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 385 (49); в 5 · 10⁻⁴ M NaOH в 99%-ном EtOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 403 (80). Раств-сть: н.р. H₂O, разб. кисл. EtOH, эф., CHCl₃, ац.; м.р. лед. укс. кисл.; р. разб. щел. Гидроксипроизводное простетической гр. метгемоглобина, метэритрокурина, метмиоглобина, растительных пероксидаз, каталаз, цитохромов <i>b</i>, метгемаль-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

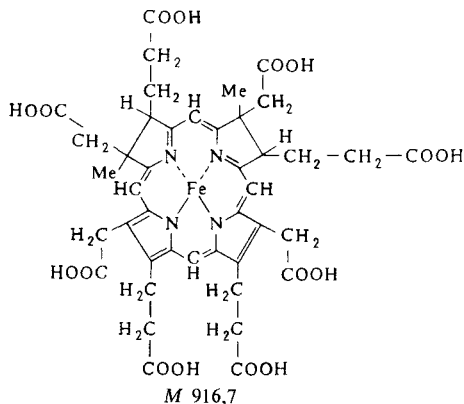
Гемин (протогемин IX; хлорогемин; хлороферрипротопорфирин)



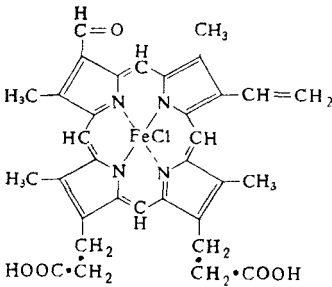
бумина. Содержится в моче при патологиях, в эритроцитах при малярии. Под действием $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ восстанавливается до гема. Лиганды по координационным положениям 5 и 6 это H_2O и OH^- ; оба вытесняются основаниями с образованием ферригемохромов.

Спектр: в эф. укс. кисл. [BVA 71, 165 (1963)] λ_{max} 638, 540, 512, 407 и 381; в лед. укс. кисл. 75%-ный EtOH λ_{max} 635, 510 и 400 (ε 90). Раств-сть: н.р. H_2O , разб. кисл., р. разб. щел., NH_4OH ; р. орг. основаниях; м.р. лед. укс. кисл. 70-80%-ный EtOH; н.р. EtOH, эф., ал., CHCl_3 ; р. водн. HCl -EtOH, водн. HCl -укс. кисл. Для удаления Fe необходима конц. H_2SO_4 (ср. Гем). Диметилловый эфир: р. лед. укс. кисл., CHCl_3 ; м.р. MeOH; λ_{max} в CHCl_3 : 625, 565, 515 нм. Опр. см. [JBC 140, 373, 387 (1941); Acta chem. Scand. 7, 1284 (1953); J. gen. Microbiol. 15, 404 (1956)]. Уст. форма. Получ. см. [JBC 228, 123 (1957); BVA 76, 437 (1957)]. Перекр. может привести к изменению винильных боковых цепей. Моно- и дигидроксигильные производные — побочные продукты при получ. и перекр.

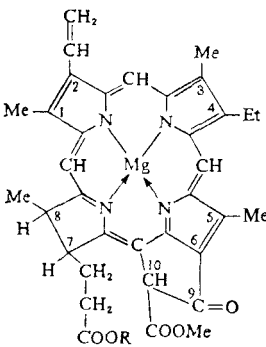
Сирогем



Спектры: в укс. кисл. + 0,015 M HCl λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 594 (1) 547 (3,5) и 376; в пир. λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 557 (1), 520 (2,7) и 401; в 0,1 M NaOH λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 567 (1) и 385 (3,6); в 0,1 M NaOH + 1 mM KCN λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 580 (1) и 403 (3,2); в 0,1 M NaOH + 1 mM KCN + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 566 (1) и 408 (3,3); в 0,1 M NaOH + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 603 (1), 564 (4,3) и 406. Раств-сть: р. пир., MeOH, EtOH, H_2O . Представляет собой простетическую гр. сульфит- и нитритредуктаз. Fe^{2+} удаляется при обработке HCl. Получ. см. [JBC 248, 251 (1973); PNAS 71, 612 (1974)]. Образует комплексы с $-\text{OH}$, CO , $-\text{CN}$, пир. См. обзор [Meth. Enzymol. 52, 436 (1978)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Хлорокруорогемин (ферро-хлорокруоропорфирин; гем <i>Spirographis</i>)	 M 657,2	Спектр: в пир. $\lambda_{\max}$ (и $A_{\text{отн}}$) 573,5 (1), 547,5 (0,41) и 425,5 (5,4); в 20%-ный пир. + 0,08 М NaOH $\lambda_{\max}$ (и $A_{\text{отн}}$) 580 (1) и 412,5 (5,4). Представляет собой простетическую группу хлорокруорина-переносчика О у некоторых многощетинковых червей (<i>Spirographis</i>, <i>Sabella</i>, <i>Branchiomma</i>). При $\text{pH} > 10$ с денатурированными белками образует основания Шиффа, при этом $\lambda_{\max}$ смещается в фиолетовую область.
Эритроцитный зеленый гем	Формилгем неопределенной структуры, содержащий одну или более гидроксильных групп и, возможно, 3 карбоксильные группы M не известна	Спектр: в пир. Fe^{3+} $\lambda_{\max}$ 579, 538 и 432 тип А; в укс. кисл. $\lambda_{\max}$ 549, 518 и 412; в CHCl_3 (спектр Ме-эфира) $\lambda_{\max}$ 647, 590, 561, 518 и 423. Раств-сть: р. полярные раств-ли, H_2O. Представляет собой простетическую гр. зеленого гемопротеина эритроцитов человека. Гем диссоциирует при электрофорезе при pH 9,5. Обычные методы удаления Fe вызывают разл. Неуст. в кисл., уст. в щел. Получ. см. [JBC 251, 3927 (1976)].

Г. Хлорофиллы и родственные пигменты

Соединение	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Хлорофилл а (и производные)	 $R = C_{20}H_{39}$ (фитил) Суммарная формула: $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ M 893,5	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 662 (91,2), 615 (13,8), 578 (7,6), 533,5 (3,7), 430 (121) и 410 (76,1); в ац. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 663 (75,05), 615 (14,03), 580 (7,75), 535 (3,47), 430 (94,71) и 410 (68,9). Раств-сть: р. EtOH, ац., бенз., эф., CHCl_3; м. р. петр. эф.; н. р. H_2O. Содержится во всех фотосинтезирующих организмах, выделяющих O_2 при фотосинтезе, т.е. высших растениях, зеленых, красных и коричневых водорослях, диатомовых водорослях и т.д. Флуоресценция эф. раств.: $F_{\max}$ 668 и 723 нм. Фазовый тест: желт. $\rightarrow$ зеленый. Неуст., особ. на свету. Добавление H_2O в орг. раст-ль влияет на спектры. Обзор спектров см. [Spectrochim. Acta 21, 1835 (1965)]. $\lambda_{\max}$ смещается на 4 $\div$ 26 нм для образующихся <i>in vivo</i> комплексов с белками [Photochem. Photobiol. 26, 319 (1977)]. Получ. см. [BVA 58, 486 (1962); 75, 306 (1963);

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Феофитин <i>a</i>	См. Хлорофилл <i>a</i> , где нет Mg <i>M</i> 871,2	BBRC 83, 501 (1978)]. В гор. H ₂ O происходит изомеризация <i>a</i> и <i>b</i> . Опр., разделение ВЭЖХ см. [J. Chromat. 152, 247 (1978); 154, 73 (1978); J. Agric. Food. Res. 263, 67 (1978)]. Опр. см. [Planta 78, 200 (1968); Smith–Benitez, p. 143; BVA 253, 222 (1971)]. Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 667 (55,5), 609,5 (8,5), 560 (3,1), 534 (11,0), 505 (12,7), 471 (4,4) и 408,5 (115,8). Раств-сть: р. эф., ал., бенз., CHCl ₃ ; м.р. EtOH, petr. эф.; н.р. H ₂ O. Распространенность, как для хлорофилла <i>a</i> , возможно, возникает в результате разл. хлорофилла <i>a</i> . Флуоресценция: эф. раств. $F_{\max}$ 672,5, 715 нм. Фазовый тест: положительный. HCl-число ~ 29. Неуст., особ. на свету. Получ. см. [Bot. Gaz. 102, 463 (1941); BVA 58, 486 (1962).] Опр. см. [Planta 29, 114 (1938–1939)].
Хлорофиллид <i>a</i>	См. Хлорофилл <i>a</i> , где R = H <i>M</i> 614,9	Спектр, как у хлорофилла <i>a</i> . Раств-сть: р. Et-ацетат. Образуется в результате фотопревращения протохлорофиллида. Фазовый тест: положительный. Этилхлорофиллид <i>a</i> (R = C ₂ H ₅) обычно содержится в EtOH-экстрактах листьев, что обусловлено действием хлорофиллазы: [Am. J. Bot. 41, 710 (1954)]. Найден в проросших в темноте семенах [JBC 183, 713 (1950)].
Протохлорофилл	См. Хлорофилл <i>a</i> , где связь между атомами C-7 и C-8 ненасыщенная Суммарная формула: C ₅₅ H ₇₀ O ₅ N ₄ Mg <i>M</i> 891,5	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 623 (35,6), 571 (13,3), 535 (6,4) и 432 (289,7). Раств-сть: р. EtOH, ал., бенз., эф.; н.р. petr. эф., H ₂ O. Обнаружен в развивавшихся в темноте листьях проростков. Аналогичный, но не идентичный пигмент найден во внутренних оболочках семян <i>Curcubita-seae</i> .
Хлорофилл <i>b</i> (и производные)	См. Хлорофилл <i>a</i> , где CH ₃ в положении 3 замещен на —CHO Суммарная формула: C ₅₅ H ₇₀ O ₆ N ₄ Mg <i>M</i> 907,5	Спектры: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 644 (51,5), 595 (9,89), 549 (5,62), 455 (155) и 430 (53,1); в ал. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 645 (47,0), 595 (10,3) и 455 (133,3). Раств-сть: р. EtOH, ал., бенз., эф.; м.р. MeOH; н.р. H ₂ O, petr. эф. Содержится во всех высших растениях и многих зеленых водорослях. Флуоресценция: эф. раств. $F_{\max}$ 646, 704; EtOH-раств. при —79 K $F_{\max}$ 658, 720 нм. Фазовый тест: красный → коричневый → → зеленый. Получ. см. [BVA 58, 486 (1962); Smith–Benitez, p. 143]. Опр. см. [Smith–Benitez, p. 154; Photochem. Photobiol. 1, 259 (1962)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Феофитин <i>b</i>	См. Феофитин <i>a</i>, где $-\text{CH}_3$ в положении 3 замещен на $-\text{CHO}$. Суммарная формула: $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_6\text{N}_4$ <i>M</i> 885,2	Спектр: в эф. λ_{max} (и ϵ) 655 (37,3), 599 (8,4), 555 (7,7), 525,5 (12,6), 434 (191) и 412,5 (73,5). Раств-сть: р. эф., ал., CHCl_3, бенз.; м.р. MeOH, петр. эф.; н.р. H_2O. Распространенность, как у хлорофилла <i>b</i>, возможно, это обусловлено разл. хлорофилла <i>b</i>. Получ. см. Хлорофилл <i>a</i>. HCl-число ~ 35.
Этилхлорофиллид <i>b</i>	См. Хлорофилл <i>a</i>, где $-\text{CH}_3$ в положении 3 замещен на $-\text{CHO}$. $\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5$ Суммарная формула: $\text{C}_{37}\text{H}_{36}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$ <i>M</i> 657,0	Спектр, как у хлорофилла <i>b</i>. Раств-сть: м.р. эф., о.п.р. EtOH. Обычно содержится в спиртовых экстрактах тканей листьев, что обусловлено действием хлорофиллазы. Получ. см. [Am. J. Bot. 41, 710 (1954)].
Хлорофилл <i>c</i> ₁	$\text{R} = \text{CH}_2\text{CH}_3$ <i>M</i> 610,9	Спектр: в ац. + 1%-ный пир. λ_{max} (и ϵ) 629,1 (39,2), 577,9 (28,6) и 446,1 (348,0); 90%-ный ац. + 1%-ный пир. λ_{max} (и ϵ) 630,6 (44,8), 579,4 (26,0) и 443,2 (318,0); в пир. λ_{max} (и ϵ) 639,6 (35,0), 593,2 (30,4) и 461,5 (346,0); в MeOH λ_{max} 663, 584 и 445; в эф. λ_{max} 626, 576 и 444. Крист. в виде зеленых пластинок. Выд. из <i>Sorgassum</i> [BBA 279, 15 (1972); <i>Fucus</i>, Tetrahedron 27, 1447 (1971)]. Флуоресценция: F_{max} при 20°C (ац.) 633 и 694 нм.
Феофорбид <i>c</i> ₁ (феопорфирин <i>c</i> ₁)	См. Хлорофилл <i>c</i>₁, где нет Mg. <i>M</i> 588,6	Спектр: в ац. λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 648 (0,1), 590 (0,98), 574 (1,0) и 550 (0,64); в эф. (Ме-эфир), λ_{max} (и $A_{\text{отн}}$) 666 (0,78), 590 (0,94), 570 (0,97), 525 (1) и 424 (7,6). Раств-сть: р. MeOH, CH_2Cl_2, пир. Получ. путем кисл. обработки хлорофилла <i>c</i>₁. Получ. см. [Tetrahedron 27, 1447 (1971)]. Флуоресценция: F_{max} при 20°C (ац.) 717 и 652 нм ($\Phi_{717} > \Phi_{652}$).
Хлорофилл <i>c</i> ₂ (и производные)	См. Хлорофилл <i>c</i>₁, где $\text{R} = -\text{CH}=\text{CH}_2$. <i>M</i> 608,9	Спектр: в смеси ац. + 1%-ный пир. λ_{max} (и ϵ) 629,6 (37,2), 581,3 (35,7) и 444,6 (321,0); в смеси 90%-ный ац. + 1%-ный пир. λ_{max} (и ϵ) 630,9 (40,4), 581,2 (30,7) и 443,8 (374,0); в пир. λ_{max} (и ϵ) 641,5 (31,8), 597,3 (42,0) и 466,0 (459,0). Раств-сть: р. MeOH, EtOH, Et-ацетат, пир. Обнаружен в коричневых водорослях, диатомовых водорослях, динофлагеллятах и <i>Vaucheria</i>. Опр. см. [Biochem. Physiol. Pflanzen 167, 191 (1975)]. Флуоресценция F_{max} при 20°C (ац.) 635 и 696 нм; в EtOH F_{max} 638 и 700 нм.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Феофорбид c_2 (феопорфирин c_2)	См. Хлорофилл c_2 , где нет Mg. M 586,6	Спектр: в ац. $\lambda_{\max}$ (и $A_{\text{отн}}$) 651 (0,1), 596 (0,9), 574 (1,0) и 532 (0,9); в эф. (Ме-эфир) $\lambda_{\max}$ (и $A_{\text{отн}}$) 665 (0,57), 595 (0,95), 573 (0,97), 530 (1,0) и 428 (8,87). Раств-сть: как у феофорбида c_1 . Получ. и опр. см. Феофорбид c_1 . Флуоресценция: $F_{\max}$ при 20°C в ац. 725 и 655 нм ($\Phi_{725} > \Phi_{655}$).
Хлорофилл d	См. Хлорофилл a , где $-\text{CH}=\text{CH}_2$ в положении 2 замещен на $-\text{CHO}$. M 892,5	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 688 (110,4), 643 (14,3), 595 (9,47), 548,5 (4,03), 512 (1,98), 447 (97,8) и 392 (58,9). Раств-сть: р. EtOH, эф., ац., бенз.; о. п. р. петр. эф. Обнаружен в красных водорослях (<i>Gigartina papillata</i>). Получ. см. [Can. J. Bot. 39, 327 (1961); 37, 507 (1959)]. Флуоресценция: в эф. $F_{\max}$ 696 и 752 нм. HCl-число > 32 . Обратимо образует диметилацеталь.
Бактериохлорофилл a	 $R = \text{C}_{20}\text{H}_{39}$ (фитил) $\text{C}_{55}\text{H}_{74}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$ M 911,5	Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 773 (697), 577 (530), 391,5, 358,5, 91,1 (9,1), 20,8 (2,7), 48,1 и 73,3; в MeOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 772 (685), 608, 365, 42,0 (8,6), 15,4 и 53,9. Раств-сть: р. эф., ац., MeOH, бенз., пир.; н. р. петр. эф. Обнаружен в пурпурных и коричневых фотосинтезирующих бактериях, некоторых зеленых серных бактериях. Фазовый тест: желт. $\rightarrow$ коричн. $\rightarrow$ зеленый. HCl-число ~ 25 . Флуоресценция: в EtOH $F_{\max}$ 805 нм. Более уст. в очищенном состоянии, чем в сырых экстрактах. Получ. см. [ABV 53, 228 (1954); Am. J. Bot. 41, 718 (1954)]. Феофорбид получ. кисл. обработкой хлорофилла; нет сведений о распространенности в природе.
Хлорофилл c из <i>Chlorobium</i> (660) (бактериохлорофилл c ; бактериовиринин)	 $\text{CO}_2\text{-фарнезил}$	Спектр: $\lambda_{\max}$ 660, 625, 430 и 410. Обнаружен в <i>Chlorobium limicola</i> , <i>Chloroflexus aurantiacus</i> (в последнем фарнезильная гр. замещена стеарильной или др. гр.) [Ann. 1979, 408]. R_1 , R_2 —Et, Et (71%), Pr, Et (18%), Et, Me (10%), Bu, Et (1%) [Can. J. Chem. 48, 88 (1966)]. Структуру см. [JCS, Perkin 1, 845 (1978)]. Флуоресценция: $F_{\max}$ (эф.) 667 нм. Фазовый тест отрицательный. Метилфеофорбид: отсутствует Mg и фарнезильная гр. замещена метильной [JCS, Perkin 1, 850 (1978)].

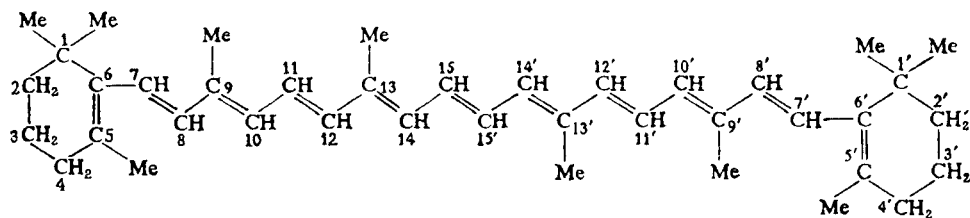
Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Хлорофилл из <i>Chlorobium</i> (650) (бактериохлорофилл <i>d</i>)		Спектр: в эф. $\lambda_{\max}$ (и ϵ для неразделенной смеси) 650 (113,5), 612 (15,8), 575 (8,6), 530 (3,9), 425 (146) и 406 (87,2); в MeOH $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 659 (82,3), 612,5 (18,0), 427 (83,5) и 411 (76,5); в ац. $\lambda_{\max}$ (и ϵ) 654 (98,0), 612,5 (16,4), 577,5 (9,2), 530 (3,9) 427 (125,9) и 406 (87,9). Раств-сть: р. эф., ац., MeOH; н.р. petr. эф. Обнаружен в зеленых серных бактериях. Фазовый тест отрицательный. Флуоресценция. $F_{\max}$ (эф.) 653 нм. Соответствующие феофорбиды, но не сами хлорофиллы были разделены на шесть компонентов $R' = C_2H_5$, C_3H_7 или <i>изо</i>-C_4H_{10}; $R'' = CH_3$ или C_2H_5; $R''' =$ <i>транс</i>, <i>транс</i>-фарнезил ($C_{15}H_{25}$); $R'''' = H$ [Vernon-Seely, p. 112; Plant Cell Physiol. Tokyo 4, 49 (1963)]. Получ. см. [BBA 41, 478 (1960)].

11. Каротиноиды

В этом разделе приведены наиболее распространенные каротиноиды в порядке, приблизительно соответствующем их положению на хроматограммах (прежде следуют наиболее сильно адсорбирующиеся соединения и далее по мере уменьшения сорбции).

Растворимость. Большинство каротиноидов растворимы в ацетоне, бензоле и CS_2 , но нерастворимы в воде. Каротиноиды, попавшие в число первых в этом разделе, более растворимы в гексане и других углеводородах, менее растворимы в спиртах, а те, что содержат гидроксильные группы и расположены ниже, более растворимы в спиртах.

Приведем формулу β -каротина:



Поскольку все каротиноиды соединения, родственные β -каротину, ниже принято схематичное изображение их формул.

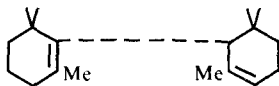
Номенклатура каротиноидов предложена в работах [BJ 127, 741 (1973); EJB 25, 397 (1972)].

Соединение	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Фитоин	7,8,11,12,12',11',8',7'-Октагидроликопин Суммарная формула: $C_{40}H_{64}$ M 545,0	Спектр: в гексане λ_{max} 298, 286 и 275. Бесцв. вязкое масло. Небольшие кол-ва содержатся в листьях и плодах многих растений. В чистом виде происходит быстрое аутоокисл. Оптически неактивен.
Фитофлуин	7,8,12',11',8',7'-Гексагидроликопин Суммарная формула: $C_{40}H_{62}$ M 542,9	Спектр: петр. эф. λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 367 ÷ 368, 348 (цис 1350, транс 1540) и 332. Бесцв. флуоресцирующее масло. Небольшие кол-ва содержатся в тканях многих зеленых растений, плодах и некоторых цветах. Цис-форма из томатов легко изомеризуется под действием света в более уст. транс-форму. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает временную синюю окраску, переходящую в пурпурную.

Соединение (синонимы)

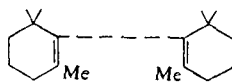
Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

 α -Каротин

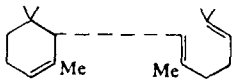
Суммарная формула: $C_{40}H_{56}$
 M 536,9

Спектры: в гексане $\lambda_{\max}$ (и $A_{1\%}^{1\text{см}}$) 475, 445 (2710) и 420; в CS_2 $\lambda_{\max}$ (и $A_{1\%}^{1\text{см}}$) 509 и 477 (2180). Фиол. призмы и их кластеры из бенз.-MeOH. $t_{\text{пл}}$ 187 ÷ 188. Содержится в листьях и корнях *Daucus carota*, плодах красной пальмы. Часто сообщают об обнаружении в др. материалах, не отличая от геометрических изомеров β -каротина. $[\alpha]_{\text{D}}^{25} + 385$ (в бенз.). С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает соединение синего цвета ($\lambda_{\max}$ 542 нм). Витаминная активность составляет половину активности β -каротина.

 β -Каротин (каротин)

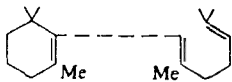
Суммарная формула: $C_{40}H_{56}$
 M 536,9

Спектр: в гексане $\lambda_{\max}$ (и $A_{1\%}^{1\text{см}}$) 482, 451 (2550) и 425; в CS_2 $\lambda_{\max}$ (и $A_{1\%}^{1\text{см}}$) 520, 485 (1940) и 450. Темно-фиол. гексагональные призмы из бенз.-MeOH. $t_{\text{пл}}$ 183. Главный каротиноид тканей зеленых растений и коричневых морских водорослей. Широко распространен в растениях и животных. В исключительно высокой концентрации содержится в цветах *Narcissus*. Оптически неактивен. Обладает активностью витамина А. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает синее окрашивание ($\lambda_{\max}$ 590 нм)

 δ -Каротин

Суммарная формула: $C_{40}H_{56}$
 M 536,9

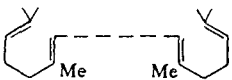
Спектр: в гексане $\lambda_{\max}$ 486, 456 и 430. Длинные красные иглы из CS_2 -гексан EtOH. $t_{\text{пл}}$ 140,5. Содержится в плодах *Lycopersicon esculentum*. $[\alpha] + 317$ (в CS_2 , с использованием фильтров Корнинга № 242 и 244).

 γ -Каротин

Суммарная формула: $C_{40}H_{56}$
 M 536,9

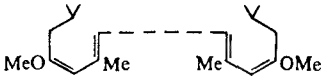
Спектр: в петр. эф. $\lambda_{\max}$ ($A_{1\%}^{1\text{см}}$) 495, 462 (2720) и 431; в CS_2 $\lambda_{\max}$ 533,5, 496 и 463. Темно-красные призмы из бенз.-MeOH. $t_{\text{пл}}$ 131 ÷ 178. Содержится в листьях *Cuscuta salina* и *Juniperis virginiana*, инфицированного грибами, а также в некоторых плодах и цветах, многих грибах. Главный каротиноид *Chlorobium*. $t_{\text{пл}}$ меняется в зависимости от природного источника, что, возможно, обусловлено различиями в отн. кол-вах полностью транс- γ -каротина и про- γ -каротина.

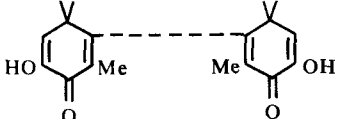
Ликопин

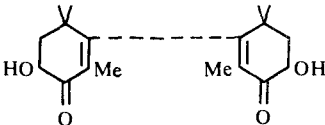


Суммарная формула: $C_{40}H_{56}$
 M 536,9

Спектр: в гексане $\lambda_{\max}$ (и $A_{1\%}^{1\text{см}}$) 506, 474 (3470) и 446; в CS_2 $\lambda_{\max}$ 547, 507 и 477. Длинные красные иглы из CS_2 -EtOH. $t_{\text{пл}}$ 175. Главный пигмент в плодах *Lycopersicon esculentum*, *Rosa canina* и др. Изомерен β -каротину, но не обладает активностью витамина А.

Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
β-Криптоксантин (криптоксантол)	3-Гидрокси-β-каротин Суммарная формула: $C_{40}H_{56}O$ M 552,9	Спектр: в гексане λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 483, 451 (2460) и 425; в CS_2 λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 518, 483 (2040) и 453. Призмы из бенз.-MeOH. $t_{пл}$ 169. Содержится в семенах <i>Zea mays</i> , плодах <i>Physalis</i> и в небольших кол-вах в др. плодах, некоторых зеленых тканях и цветах; также в яйцах, сливочном масле и крови. Если префикс опущен, подразумевается β-форма. Половина активность витамина А (отн. β-каротина). В природе встречается в этерифицированном виде. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает темно-синее окрашивание (λ_{max} 590 нм). Моноацетильное производное: $t_{пл}$ 117 ÷ 118. Фазовый тест, как у α-криптоксантина.
Спириллоксантин (родовиоласцин)	 Суммарная формула: $C_{42}H_{60}O_2$ M 596,9	Спектр: в бенз. λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 548, 511 (2470) и 482; в CS_2 λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 573,5, 534 (1965) и 496,5. Веретенообразные крист. глубокого красного цвета из бенз. $t_{пл}$ 218. Главный каротиноид красных и пурпурных фотосинтезирующих бактерий. Содержится в некоторых грибах, напр. <i>Neurospora crassa</i> . С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает синее окрашивание (λ_{max} 642 нм).
Лютеин (ксантофилл)	3,3'-Дигидрокси-α-каротин Суммарная формула: $C_{40}H_{56}O_2$ M 568,9	Спектр. в гексане λ_{max} 477 447 и 420; в CS_2 λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 508, 475 (2160) и 445; в MeOH λ_{max} 474, 444 и 418. Фиол. призмы +1 MeOH из MeOH. $t_{пл}$ 193. Главный каротиноид (ксантофилл) тканей зеленых растений. Широко распространен в плодах, семенах, цветах. Содержится также в яйцах и многих животных жирах. $[\alpha]_{D}^{25} +160$ ($CHCl_3$). Не обладает активностью витамина А. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает интенсивное темно-синее окрашивание. В конц. H_2SO_4 зеленая окраска, переходящая в синюю. Диацетильное производное: $t_{пл}$ 170.
Зеаксантин (зеаксантол)	3,3'-Дигидрокси-β-каротин Суммарная формула: $C_{40}H_{56}O_2$ M 568,9	Спектр: в гексане λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 483, 451 (2480) и 423; в CS_2 λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 517, 482 (2230) и 450. Желт. пластинки из MeOH $t_{пл}$ 215,5. Содержится в плодах, семенах, некоторых цветах, в след. кол-вах в зеленых листьях и яичном желтке. $[\alpha]_D^{25} -40$ ÷ $-45,2$ ($CHCl_3$). Диацетильное производное: $t_{пл}$ 154 ÷ 155.
Лютеинэпоксид (элоксантин)	Лютеин-5,6-эпоксид Суммарная формула: $C_{40}H_{56}O_3$ M 584,9	Спектр: в петр. эф. λ_{max} 471 и 442; в CS_2 λ_{max} 501,5 и 472. Красно-желт. крист. из бенз.-MeOH. $t_{пл}$ 192.

Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Флавоксантин	5,8-Эпоксилютенин Суммарная формула: $C_{40}H_{56}O_3$ M 584,9	Содержится в цветах и листьях. О. неуст. к кисл. (даже в след. кол-вах), при этом превращается во флавоксантин и хризантемаксантин. Диацетильное производное: $t_{пл}$ 184 ÷ 185. Спектр: в гексане λ_{max} 450 и 421; в CS_2 λ_{max} 479 и 449. Золотые, собранные в пучки призмы из MeOH. $t_{пл}$ 184. Содержится в цветах <i>Ranunculus acer</i> , <i>Taraxacum officinale</i> и некоторых др., в небольших кол-вах в зеленых тканях и некоторых плодах. Изомер хризантемаксантина. Может образовываться из лютеинэпоксида при экстракции. $[\alpha]_{D}^{20} +190$ (в бенз.). Неуст. синяя окраска с конц. HCl. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает синее окрашивание. Диацетильное производное $t_{пл}$ 157.
Виолаксантин	5,6,5',6'-Диэпоксизеаксантин $C_{40}H_{56}O_4$ M 600,9	Спектр: в гексане λ_{max} 472, 443 и 417,5; в CS_2 λ_{max} 501, 470 и 440. Желто-оранж. призмы из MeOH. $t_{пл}$ 200 (208). Содержится в цветах <i>Viola tricolor</i> и многих др., а также некоторых плодах. Важный каротиноид зеленых листьев. $[\alpha]_{D}^{20} +35$ (в $CHCl_3$). О. неуст. к кисл. Раств. в конц. H_2SO_4 имеют синий цвет индиго, в лед. укс. кисл. — зеленый цвет. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает окрашивание глубокого синего цвета. Дибензоильное производное $t_{пл}$ 217.
Ауруксантин	5,8,5',8'-Диэпоксизеаксантин $C_{40}H_{56}O_4$ M 600,9	Спектр: в EtOH λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 428, 403 (1850) и 382; в CS_2 λ_{max} 454 и 423. Желт. иглы из MeOH. $t_{пл}$ 203. Содержится в цветах <i>Viola tricolor</i> . Получ. при обработке виолаксантина разб. HCl. О. уст. синяя окраска с 15%-ной HCl.
Астацин	 Суммарная формула: $C_{40}H_{48}O_4$ M 592,8	Спектр: в CS_2 λ_{max} 500. Фиол. иглы из пир.— H_2O . $t_{пл}$ 240 ÷ 243. Содержится во многих тканях животных, особ. панцирях ракообразных, иногда вместе с астаксантином. В этерифицированном виде (астаценин) в панцирях раков и крабов. Астацин образуется из ововердина, комплекса астаксантина — белок; т. обр. некоторые сообщения о выд. астацина могут быть ошибочными. Оптически неактивен. С $SbCl_3$ в $CHCl_3$ дает сине-зеленое окрашивание. Диацетильное производное. $t_{пл}$ 235 (разл.). Дипальмитоильное производное: $t_{пл}$ 121.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Астаксантин	 Суммарная формула: $C_{40}H_{52}O_4$ M 596,9	Спектр: в CS_2 λ_{max} 502; в пир. λ_{max} 513, 493 и 476. Фиол. пластинки из пир. $t_{пл}$ 215 ÷ 216 (разл.). Типичный каротиноид тканей многих животных, особ. ракообразных. Найден в некоторых зеленых водорослях, включая <i>Haematococcus pluvialis</i>. Входит в состав хромопротеинов, напр. ововердина раков, из которого он выделяется под действием кисл., орг. раств.-лей и при нагрев. В отсутствие возд. дает голубую окраску с щел. Оптически неактивен. Диацетильное производное: $t_{пл}$ 203 ÷ 205. Дипальмитоильное производное: $t_{пл}$ 71,5 ÷ 72,5.
Фукоксантин	3'-Ацетокси-6',7'-дидегидро-5,6-эпокси-5,5',6,6',7,8-гексагидро-3,5'-дигидрокси-8-оксо-β-каротин Суммарная формула: $C_{42}H_{58}O_6$ M 658,9	Спектр: в гексане λ_{max} (и $A_{1cm}^{1\%}$) 469, 451 (760) и 438; в CS_2 λ_{max} 510, 477 и 445. Коричн.-красные призмы + 3MeOH из MeOH. Иглы из эф. петр. эф. $t_{пл}$ 166 ÷ 168. Типичный каротиноид <i>Phaeophyceae</i>, <i>Chrysophyceae</i> и диатомовых водорослей. С конц. H_2SO_4 дает глубокое синее окрашивание. Гидрохлорид $C_{42}H_{58}O_6 \cdot 4HCl$: $t_{пл}$ 215. Чистое вещество оптически неактивно в бенз.; также приводится $[\alpha]_D^{18} +72 \pm 9$ ($CHCl_3$). Глубокая синяя окраска с 25%-ной HCl.

12. Регуляторы роста растений

В этот раздел включены природные фитогормоны, синтетические стимуляторы роста, антигормоны и те гербициды, которые приводят к благоприятным изменениям в агрикультуре растений (повышение урожайности, улучшение качества или упрощение процедуры сборки урожая); другие гербициды могут быть найдены в разд. 13, Г «Ингибиторы функций митохондрий и хлоропластов».

Фитогормоны

Letham D.S., Goodwin P.B., Higgins T.J.V. (eds.), Phytohormones and related compounds. Vol. 1, The biochemistry of phytohormones and related compounds. Vol. II, Phytohormones and the development of higher plants. Elsevier/North-Holland, Amsterdam (1978).

Томы Annual Review of Plant Physiology включают главы, посвященные абсцизовой кислоте [31, 453 (1980)], ауксином [25, 487 (1974); 28, 439 (1977)], цитокининам [24, 415 (1973); 34, 163 (1983)], этилену [30, 533 (1979)], гиббереллинам [24, 571 (1973); 29, 149 (1978)], а также материал, касающийся регуляции метаболизма рибонуклеиновых кислот растительными гормонами [28, 537 (1977)], связывания гормонов в растениях [27, 267 (1976); 32, 569 (1981)], быстрого ответа на растительные гормоны [25, 195 (1974)], методов анализа регуляторов роста [32, 511 (1981)].

The encyclopedia of plant physiology (N.S.) Vol. 4 (1976). Physiological plant pathology (Pirson A. et al., eds.) and Vol. 9 (1980) Hormonal regulation of development, I. Molecular aspects of plant hormones (MacMillan J., ed.).

Есть главы, посвященные природным регуляторам роста, встречающимся в здоровых и больных растениях.

Регуляторы роста в садоводстве и земледелии

Weaver A.J., Growth substances in agriculture. W. H. Freeman, San Francisco (1972).

Nickell L.G., Plant growth regulators: agricultural uses. Springer-Verlag, Berlin (1982).

Thomas T.H. (ed.), Plant growth regulator potential and practice. BCPC Publications, Croydon (1982).

Гербициды

Audus L.G. (ed.), Herbicides physiology, biochemistry, ecology. Vols. I, II. Academic Press, London (1976).

Moreland D.E., Mechanism of action of herbicides. Ann. Rev. Plant Physiol. 31, 597, 1980.

Fedtko C., Biochemistry and physiology of herbicide action. Springer-Verlag, Berlin (1982).

Регуляторы роста в культуре растительных тканей

Reinert J., Bajay P.S. (eds.), Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue, and organ culture. Springer-Verlag, Berlin (1977).

Street H.E. (ed.), Plant tissue and cell culture, 2nd edn Blackwell, Oxford (1977).

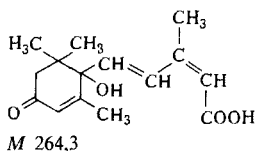
Reynolds J.F., Murashige T., Plant Cell lines, Meth. Enzymol. 58, 478 (1979).

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

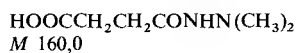
Свойства и другие данные

Абсцизовая кислота (АВА; дормин; абсизин II; 5-(1-гидрокси-2,6,6-триметил-4-оксоциклогексен-2-ил-1)-3-метилпентадиен-2,4-овая кислота)



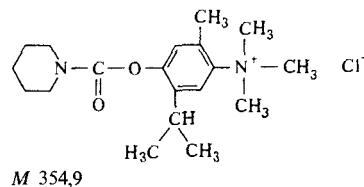
$\lambda_{\max}$ (MeOH) 252 нм, ϵ 25200. Природная форма (+)-2-цис. Раств-сть: 0,06 H_2O ; р. води. NaHCO_3 , ац., CHCl_3 ; м.р. петр. эф. Природный ингибитор роста, вызывает состояние покоя листьев и почек, опадание плодов и листьев, старение, замедленные прорастание семян и цветение, закрытие устьиц. В биотестах на раскрытие устьиц (в цитратном буфере, pH 5,5) линейный ответ при $10^{-10} \div 10^{-7}$ М. Исполыз. как дефолиант и ингибитор роста. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ > 400 мг/кг.

Алар (В-9; В-995; SADH; даминозид; 2,2-диметилгидразид янтарной кислоты)



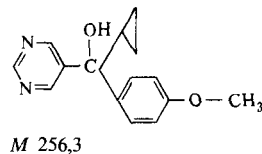
$t_{\text{пл}}$ 145 ÷ 146. Раств-сть: 10^{25} H_2O . Ингибирует синтез 3-индолилуксусной кисл. Исполыз. как замедлитель роста и стимулятор многоцветия.

АМО 1618 (2-изопропил-4-диметиламино-5-метилфенил-1-пиперидинкарбоксилатметилхлорид)



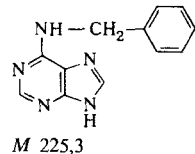
$t_{\text{пл}}$ 179. Антигипбереллиновый ретардант роста. Ингибирует биосинтез гибберелловой к-ты путем блокирования циклизации C_{20} -геранилгеранилдифосфата до (-)-каурена; в процессе биосинтеза микросомального холестерина ингибирует сквален-2,3-оксид-циклазу, вызывающую накопление сквален-2,3-эпоксида [JBC 250, 1571 (1975)]; также ингибирует биосинтез дезметилстерола [Phytochem. 17, 705 (1978)].

Анхимидол (α -циклопропил- α -(*n*-метоксифенил)-5-пиримидинметанол; EL-531; A-rest)

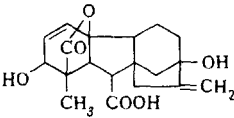


$t_{\text{пл}}$ 110 ÷ 111. Неуст. в раств. при pH ≤ 4. Раств-сть: 0,065 H_2O ; р. ац., MeOH, CHCl_3 . Антигипбереллин. (При 10^{-4} М ингибирует нормальный рост междоузлий; действие подавляется гибберелловой к-той [Plant Physiol. 48, 537 (1971)]). Ингибитор окисления энткаурена-16 в препаратах микросом. $K_i \sim 2 \cdot 10^{-9}$ М. Специфичен для растительных тканей. В качестве ингибитора микросом печени аналогичен метирапону; оба связываются с Cyt P450 [Plant Physiol 62, 571 (1978)].

Н⁶-Бензиладенин (6-бензил-аминопурин; ВА)



рK_a 10,9. $t_{\text{пл}}$ 232. В EtOH $\lambda_{\max}$ 270 нм, ϵ 18000; в 0,1 М HCl $\lambda_{\max}$ 274 нм, ϵ 16500; в 0,1 М NaOH $\lambda_{\max}$ 275 нм, ϵ 17000. Раств-сть: 0,006 H_2O ; < 0,001 гексан; 0,37 ац.; 0,68 MeOH; 13,3 ДМСО. Синтетический цитокинин. При 10^{-8} М стимулирует деление клеток в культуре недифференцированных тканей в присутствии ауксина; увеличивает образование вторичных продуктов у растений (10^{-6} М); вызывает растяжение клеток в семядолях, способствует прорастанию семян, задерживает старение, стимулирует движение метаболитов (10^{-6} – 10^{-4} М). Исполыз. как наруши-

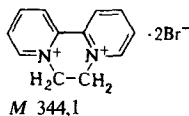
Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Бензимидазол	 M 170,5	тель состояния покоя и стимулятор роста [Anal. Meth. Pestic. Plant Growth Regul. 10, 545 (1978)]. Сл. основание. pK_a (25°C) 5,48. $t_{пл}$ 170,5. Раств-сть: р. EtOH; ум. р. хол. H_2O, более р. гор. H_2O; ум. р. эф.; н. р. бенз., petr. эф. Проявляет некоторую активность цитокинина в биотестах по старению листьев и продуцированию пигментов ($5 \cdot 10^{-4}$ М), но не в стимуляции клеточного деления или мобилизации метаболитов.
Гибберелловая кислота (GA ₃ ; 1,4-лактон 2,4а,7-тригидрокси-1-метил-8-метилентгбен-3-карбон-1,10-овой кислоты)	 M 346,4	$t_{пл}$ 227 (разл.). Раств-сть: х. р. EtOH, аз.; р. petr. эф., эф.; м. р. H_2O. Природный фитогормон, участвующий в продлении роста междоузлий, стимуляции цветения, субапикальном делении клеток, устранении карликовости, индукции партенокарпии, стимуляции синтеза амилазы. В биотестах линейный ответ при 10^{-5}–10^{-2} мг/мл с эндоспермой ячменя, 0,001–10 мкг/мл с карликовой кукурузой, 0,025–125 мкг/мл с междоузлиями гороха. Механизм действия включает индукцию специфических мРНК и контроль биосинтеза и функции мембран. Использ. как стимулятор поддержания нужного кол-ва амилазы в ячменном солоде, стимулятор роста бессемечкового винограда, инициатор цветения (заменяет стимулирование увеличением продолжительности дня или понижением темп.), стимулятор роста побегов.
Глифозин (N, N-бис(фосфонометил)глицин; поларис; Polaris)	$HOOCCH_2N(CH_2PO_3H_2)_2$ M 263,1	$t_{пл}$ 200 (разл.). Раств-сть: 24,8²⁰ H_2O. Химич. стимулятор созревания. Повышает содержание сахара в тростнике. Для млекопитающих (перорально) ЛД₅₀ 3,9 г/кг. Глифозат: изопропил-аммониевая соль (N-(фосфометил)-глицина (Roundup))--использ. как гербицид. В сублетальных концентрациях ($7,5 \cdot 10^{-5}$ М) индуцирует образование побегов у сорго, пшеницы. Ингибирует базипетальный транспорт ауксина [Plant Physiol 63, 882 (1979)]. При 10^{-3} М стимулирует фенилаланинлиазу в корнях растущих в темноте проростков кукурузы [Plant Sci. Lett. 11, 185 (1978)]. При $6 \cdot 10^{-4}$ М разобщает окислительное фосфорилирование митохондрий зерна, повышает активность митохондриальной АТФазы [FEBS Lett. 97, 279 (1979)]. Оказывает

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

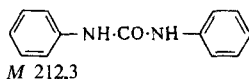
Дикват (1,1'-этилен-2,2'-дипиридилийдбромид; дибромид 1,1'-этилен-2,2'-дипиридия)



сильное действие на биосинтез ароматических аминокислот [Plant Physiol. 66, 823, 830 (1980)].

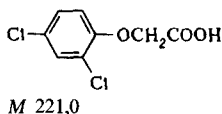
E'_0 - 0,349 В. λ_{max} 308,3 нм, ϵ 18000. Уст. в кисл. или нейтр. раств. Раств-сть: 70²⁰ Н₂O. Исполыз. как индикатор в окислительно-восстановительных р-циях, контактный гербицид и ингибитор цветения сахарного тростника. Наиболее эффективные дипиридилиевые гербициды - четвертичные соли 2,2'- (т.е. дикват) и 4,4'- (т.е. паракват) дипиридила, т.е. соединения с E'_0 - 300 ÷ - 500 мВ, в которых два пиридиновых кольца находятся в одной и той же плоскости. Исключение - бензилвиологен, который, по-видимому, более медл. проникает в растения; см. также паракват (метилвиологен) и бензилвиологен. Предполагаемый механизм действия: разрушение клеточных мембран, которое следует за распадом ненас. жирных кисл. под действием O_2^- , образующегося в процессе окисл. дипиридила. Для крыс, мышей и кроликов (перорально) ЛД₅₀ 231, 125 и 101 мг/кг [Summers L.A., The bipyridinium herbicides, Academic Press, London, 1980].

N,N'-Дифенилмочевина (DPU; 1,3-дифенилмочевина; дифенилкарбамид; карбанилид)



$t_{\text{пл}}$ 238. $t_{\text{кип}}$ 260 (разл.) Раств-сть: 0,015 Н₂O; р. эф., лед. укс. кисл.; ум. р. EtOH, ац., СНСl₃; 6,9 пир. Ряд замещенных производных фенолмочевины обнаруживает цитокининовую активность, проявляющуюся в задержке старения, стимуляции образования боковых почек, стимуляции прорастания и деления клеток [Proc. Roy. Soc. B, 165, 245 (1966)].

2,4-Дихлорофеноксиуксусная кислота (2,4-D)



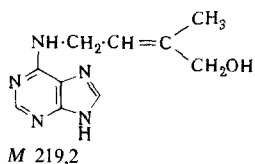
pK_a 2,64. λ_{max} 201 нм (ϵ 38000), 230 (7500), 283 (1900), 291 (1600). $t_{\text{пл}}$ 140,5. Раств-сть: 0,06²⁵ Н₂O; 60³¹ EtOH; 45³³ ац. Синтетический ауксин и селективный «убийца» сорняков. Селективность - отчасти результат более сл. проникновения в травянистые растения, чем в широколиственные сорняки, а также большей поверхности листьев, что обеспечивает большее накопление распыленного препарата в семядолях. Аномальное накопление производных кумарина, более токсичное для широколиственных растений, чем для травянистых, может приводить к гибели растений. Исполыз. как гербицид и регулятор опадения плодов. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 0,3 ÷ 1 г/кг. Др. важные хлорированные феноксисоедине-

Соединение (синонимы)

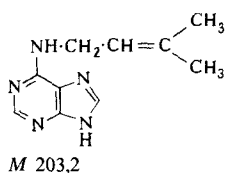
Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

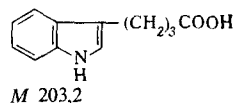
Зеатин (*t*-io⁶Ade; 6-(4-гидрокси-3-метил)-*транс*-бутен-2-иламинопурин)



N⁶-(Изопентен-2-ил)аденин (IPA; 2iP; i⁶Ade; 6-(3-метилбутен-2-иламино)пурин; N₆-(γ,γ-диметилалил)аденин)



3-Индолилмасляная кислота (ИВА)



ния – это 2,4,5-трихлорофеноксиуксусная кислота (2,4,5-Т), (4-хлоро-О-тоял)-оксиуксусная кислота (МСПА) и 4-(2,4-дихлорофенокси)масляная кислота (2,4-ДВ). Последняя (и др. фенокси-кислоты с четным числом атомов С в цепи) в чувствительных растениях превращается в результате β-окисления в 2,4-дихлорофеноксиукс. кисл.; люцерн устойчива, так как лишена такого пути. Для использ. в культуре клеток 2,4-дихлорофеноксиукс. кисл. ($10^{-7} \cdot 10^{-5}$ М) предпочтительнее, чем ауксин, который подвергается быстрой метаболической деградации.

Природный цитокинин. В биотестах с каллусом соевых бобов предел обнаружения $5 \cdot 10^{-11}$ М. Содержится в *цис*-форме в тРНК из растительных тканей ($0,01 \div 0,075$ моль/100 моль тРНК). См. Изопентениладенин. Рибозид (рибозилзеатин; 6-(4-гидрокси-3-метил)-*транс*-бутен-2-иламино)-9-β-D-рибофуранозилпурин; *t*-io⁶A): M 351,4

$t_{пл}$ 212 ÷ 214. λ_{max} pH 7 269 нм (ϵ 19400); pH 1 273 (18600); pH 13 275 (18100). pK_a 3,4; 10,4. Природный цитокинин. Механизм действия см. Бензиладенин. Содержится в тРНК (расположен рядом с антикодоном с 3'-конца) дрожжей ($0,05 \div 0,17$ моль/100 моль тРНК). В бактериях вместо него обычно 2-метилтиопроизводное, в растительных тканях гидроксипроизводное, т.е. N⁶-(*цис*-4-гидроксиизопентенил)аденин, и соответствующее 2-метилтиосоединение. Эти модифицированные основания всегда содержатся в молекулах тРНК, у которых антикодон комплементарен кодону, начинающемуся с U [PNARMV 10, 57 (1970); 12, 49 (1972)]. Рибозид (N⁶-изопентен-2-ил)аденозин: (6-(3-метилбутен-2-иламино)-9-β-D-рибофуранозилпурин; 2iP; i⁶A): M 335,4. $t_{пл}$ 145 ÷ 147. λ_{max} pH 7 269 нм (ϵ 20000); pH 1 265 (20400); pH 13 269 (19800).

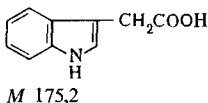
$t_{пл}$ 123 ÷ 125. Раств-сть: р. EtOH, ал., эф., н. р. H₂O, CHCl₃. Синт. ауксин, использ. как ингибитор роста корня у черенков. Для мышей в б. ЛД₅₀ 100 мг/кг. Гипогликемическое и опухолеродное действие на крыс.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

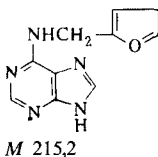
Свойства и другие данные

3-Индолилуксусная кислота
(IAA; ауксин)



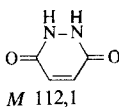
$t_{пл}$ 165 (разл.) ($162 \div 170$). pK_a 4,54. Водн. раств. разл. под действием УФ-света, но уст. к видимому свету. Раств-сть: 0,16 H_2O ; х. р. EtOH; р. ац., эф.; м. р. бенз., дихлорэтан; н. р. $CHCl_3$. Природный фитогормон, участвующий в растяжении клеток, особ. в колеоптилях, в инициации корнеобразования при ингибировании его роста, доминировании верхушки и ингибировании почкования, опадании листьев и плодов, дифференциации и партенокарпии роста плодов. Активирует выведение протонов и захват K^+ в чувствительных клетках; ионы водорода прямо или косвенно (путем воздействия на ферменты) увел. пластичность клеточных стенок, обеспечивая расширение клетки в ответ на клеточное тургорное давление. Ауксины действуют также на уровне экспрессии генов.

Кинетин (N^6 -фурфуриладе-
нин; 6-фурфуриламинопу-
рин)

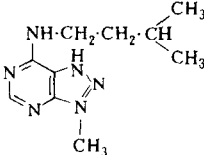
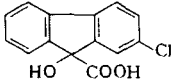
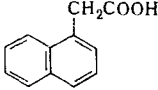
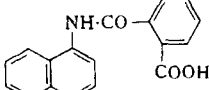
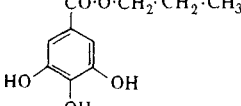


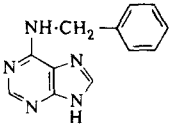
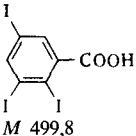
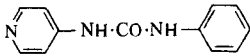
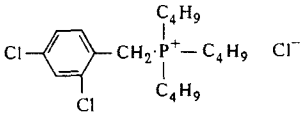
$t_{пл}$ 266 $\div$ 267 (запаянная трубка). Субл. 220. pK_a 2,7; 9,9. λ_{max} EtOH 268 нм (ϵ 18650); 0,1 М HCl 274 (16900); 0,1 М NaOH 273 (17400). Раств-сть: м. р. H_2O ; MeOH, EtOH; р. разб. водн. HCl или NaOH; может быть экстрагирован из нейтр. водн. раств. встряхиванием с эф. Синт. цитокинин. Механизм действия см. Бензиладенин. Первоначально был выделен из автоклавированной ДНК. Исполыз. как нарушитель состояния покоя. В биотестах с каллусом соевых бобов предел обнаружения $5 \cdot 10^{-9}$ М. В биотестах линейный ответ при $5 \cdot 10^{-8}$ $\div$ $5 \cdot 10^{-6}$ М (увеличение размеров листа редиса), $5 \cdot 10^{-7}$ $\div$ $5 \cdot 10^{-5}$ М (увядание листьев *Xanthium*), $2 \cdot 10^{-8}$ $\div$ $5 \cdot 10^{-5}$ М (каллус соевых бобов), $5 \cdot 10^{-9}$ $\div$ $5 \cdot 10^{-7}$ М (ткань корня моркови).

Малеиновой кислоты гид-
разид (1,2-дигидро-3,6-пи-
ридазиндион)



$t_{разл}$ 260. Раств-сть: 0,6²⁵ H_2O ; м. р. гор. EtOH. Синт. ингибитор роста, при высоких конц. гербицид. Аналог урацила. Общий ингибитор меристематической активности. В виде диэтаноламмонийной соли исполыз. как вносимый в почву замедлитель роста для предотвращения прорастания картофельных клубней и лука и образования боковых побегов у табака. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 4 г/кг.

Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
3-Метил-7-(3-метилбутиламино)пиразоло[4,3- <i>d</i>]пиримидин	 <i>M</i> 218,3	$t_{пл}$ 184 ÷ 188. λ_{max} pH 1 311 нм (327 пл.) (ϵ 12700); pH 7 295 (288 пл.) (12100); (pH 12 245 (265 пл.) (14700). Цитокининовый антагонист [Phytochem. 12, 25 (1973) Biochem. Soc. Symp. 38, 195 (1973)]. В присутствии 0,003 мкМ IPA в биотесте с табаком ингибирование наблюдается при 0,1 мкМ, летален при 0,73 мкМ.
Морфактин (CFL; IT 3299; 2-хлоро-9-гидроксифлуорен-9-карбоксилат; метильное производное хлорофлуренола, IT 3456)	 <i>M</i> 260,7	$t_{пл}$ 152. Раств-сть: 0,0018²⁰ H₂O. Антиауксин, влияет, по-видимому, на транспорт и метаболизм ауксина. Ингибирует гео- и фототропизм при 6×10^{-5} М. Стимулирует опадение цветов и плодов, что, возможно, обусловлено увеличением продукции C₂H₄. Противостоит ауксину. Ингибирует слияние пузырьков аппарата Гольджи в клеточную пластинку. При высоких конц. использ. для борьбы с сорняками [Ann. Rev. Plant Physiol. 21, 499 (1970)].
1-Нафталинуксусная кислота (NAA; нафтилуксусная кислота)	 <i>M</i> 186,2	$t_{пл}$ 134 ÷ 135. Раств-сть: 0,04¹⁷ H₂O; р. 30%-ный EtOH; х. р. ац., эф., CHCl₃. Синт. ауксин. В культуре растительных клеток (при 10^{-7} ÷ 10^{-5} М) использ. предпочтительнее, чем IAA, которая подвергается быстрому метаболизму. Исполз. для ускорения созревания плодов, для стимуляции цветения ананасов, предотвращения преждевременного опадения плодов, для индукции образования корней у черенков. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 1 г/кг.
N-1-Нафтилфталаминовая кислота (NPA; нафталам, аланат)	 <i>M</i> 291,3	$t_{пл}$ 203. Гидрол. сильн. кисл. и основаниями. Раств-сть: < 0,02 H₂O; р. щел. раств., разл. > pH 9,5; м. р. EtOH, ал., бенз. Антиауксин; ингибирует полярный транспорт ауксина, возможно, путем конкуренции за ауксинсвязывающий белок. Исполз. как доведочный гербицид. Для млекопитающих (перорально) ЛД₅₀ > 8,5 г/кг.
n-Пропилгаллат (тенокс PG)	 <i>M</i> 212,2	$t_{пл}$ 150. Раств-сть: 0,35²⁵ H₂O; 103²⁵ EtOH; 83²⁵ эф. Ингибитор синтеза этилена (1 мМ) [Plant Physiol. 60, 794 (1977)]; ингибитор липоксигеназы и «альтернативного дыхания» в соевых бобах (0,5 мМ) [Plant Physiol. 62, 470 (1978)]; в последнем случае в 10 раз более эффективен, чем салицилидгидроксамовая кислота. Добавляется в пищу в качестве антиоксиданта. Темнеет в присутствии солей Fe. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 2,5 ÷ 4 г/кг.

Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Ризобитоксин (L-2-амино-4-(2'-амино-3'-гидроксипропокси)-транс-бутен-3-овая кислота; Ro)	$\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{O} \cdot \underset{\text{HC} \cdot \text{CHNH}_2 \cdot \text{COOH}}{\overset{\parallel}{\text{CH}}}$ <i>M</i> 190,2	Антиэтиленовый фитотоксин, продуцируемый некоторыми штаммами соевых клубеньковых бактерий <i>Rhizobium japonicum</i> . При $10^{-4} \div 10^{-3}$ М ингибирует продуцирование этилена [Plant Physiol. 61, 886 (1978)]. Ингибирует β-цистатиназу; пиридоксальфосфат обращает действие [BBA 227, 671 (1971)]. Близкий аналог аминокислот [Ann. Rev. Plant Physiol. 30, 544 (1979)].
Серебра нитрат	$\text{Ag}^+ \text{NO}_3^-$ <i>M</i> 169,9	Антиэтиленовое действие. Ag^+ при $10^{-4} \div 10^{-3}$ М использ. для ингибирования ответа растений как на эндогенный, так и экзогенный этилен [Plant Physiol. 63, 169 (1979)]. Анионный тиосульфатный комплекс $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ менее фитотоксичен; мобилен в транспортн. системе растений [Scientia Hort. 20, 211 (1983)].
Тетрагидропиранилбензил-аденин (SD 8339; PBA; 6-бензиламино-9-(тетрагидропиранил-2)пурин)	 <i>M</i> 227,3 (в положении N-9 вместо Н должна быть группа $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}$)	Высокоактивный синт. цитокинин. Механизм действия см. Бензиладенин.
2,3,5-Триодобензойная кислота (ТІВА)	 <i>M</i> 499,8	$t_{пл}$ 224 ÷ 226. Раств-сть: м.р. H_2O ; р. ац.; эф.; толуол. Антиауксин. Кол-во эндогенного ауксина снижается. Может блокировать транспорт ауксина, увел. разрушение IAA или вызывать иммобилизацию ауксина. Исполз. как ретардант роста, а также для увел. числа стручков у сои.
N-Фенил-N'-(4-пиридил)мочевина (NC 5392)	 <i>M</i> 213,2	$t_{пл}$ 162 ÷ 163. Раств-сть: > 0,01 H_2O . Синт. цитокинин, особ. активен в стимуляции образования ростков [Physiol. Plant 38, 35 (1976)]. Структурно-функциональные исследования производных показывают, что наибольшей активностью в тестах с каллусом табака обладают N-(2-хлоро-4-пиридил)-N'-(замещенный или незамещенный фенил)мочевины [Phytochem. 17, 1201 (1978)].
Фосфон D (хлорфонийхлорид; 2,4-дихлорбензилтрибутилфосфонийхлорид)	 <i>M</i> 397,8	$t_{пл}$ 114 ÷ 120. Раств-сть: р. H_2O . Антигиббереллин, ретардант роста. Приводит к уменьшению роста субапикальной меристемы, не действуя на саму меристему.

Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Хлорохолинхлорид (CCC; хлормеквант; (2-хлорэтил)триметиламмонийхлорид)	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{N} - \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]^+ \text{Cl}^-$ M 158,1	$t_{\text{разл}}$ 245. Водн. раств. уст., но вызывают коррозию металлов. Раств-сть: 74²⁰ H₂O. Антигибберелиновый ретардант роста. Аналог холина. Исполыз. для уменьш. высоты пшеницы и пшависеттши, для ускорения созревания сахарного тростника и для снижения полегаемости хлебных злаков.
Этефон (2-хлорэтилфосфоновая кислота; Ethrel; Serpha)	ClCH₂CH₂PO₃H₂ M 144,5	О. гигр. иглы из бензола. $t_{\text{пл}}$ 74 ÷ 75. Раств-сть: х. р. H₂O, MeOH, ац., этиленгликоль; м. р. бенз., толуол; н. р. петр. эф. Генерирует этилен. Водн. раств. уст. при pH < 3,5. Освобождает этилен при pH > 4,1 [Plant Physiol. 63, 474 (1979)]. Вызывает опадение листьев, цветов и плодов, способствует цветению и созреванию плодов, вызывает эпинастию листьев, нарушает состояние покоя и индукцию синтеза ферментов. Ингибирует митоз, синтез ДНК, полярный и латеральный транспорт ауксина. Исполыз. при конц. 2–200 мкл/л. Исполыз. как стимулятор выд. латекса каучуконосов, созревания сахарного тростника, цветения ананасов, усиления окраски. Обработка до или после сборки урожая ускоряет созревание многих фруктов. Применяется в виде аэрозоля с ~ pH 1,0; может вызывать раздражение при попадании на кожу или в глаза или при вдыхании. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 4,2 г/кг.
Этилен (этен)	CH₂=CH₂ M 28,1	Бесцв. газ. $t_{\text{кип}}$ 102,4. Раств-сть: х. р. EtOH; р. эф.; н. р. H₂O. Действие см. Этефон. В тройном биогесте с горохом лин. ответ при 0,025 · 10⁻⁴ ÷ 0,1 · 10⁻⁴%. Для поглощения и удаления этилена из возд. исполыз. HgClO₄.

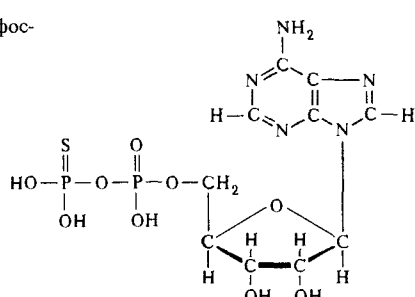
13. Антиметаболиты, антибактериальные агенты и ингибиторы ферментов

А. Вещества, влияющие на нуклеиновые кислоты

В данный раздел включены ингибиторы синтеза нуклеозидов, нуклеотидов, ДНК и РНК, мутагены и канцерогены, а также антимитотические препараты.

Литература

Пуриновые и пиримидиновые аналоги: *Metabolic inhibitors*, R. M. Hochster, J. H. Quastel (eds.), vol. 1, pp. 215, 239, Academic Press, New York, 1963.
Аналоги АТФ: *Adv. Enzymol.* **43**, 1 (1975).
Нуклеозидные и нуклеотидные антибиотики: *PNARMB* **22**, 193 (1979).
Механизм действия ингибиторов синтеза ДНК: *ARB* **46**, 641 (1977).
Химические аспекты алкилирования нуклеиновых кислот и его связь с мутагенезом и канцерогенезом: *PNARMB* **15**, 219 (1975).
Химический канцерогенез: *ARB* **44**, 79 (1975).
Использование ингибиторов в исследовании механизмов действия гормонов в культуре клеток: *Meth. Enzymol.* **40**, 273 (1975).
Агенты, специфически действующие на клеточный цикл: *BBA* **458**, 243 (1976); **516**, 389 (1978).
The molecular basis of antibiotic action, 2-nd ed., E. F. Gale et al., Wiley-Interscience, London, 1981.
Antibiotics, vol. 1. Mechanism of action, D. Gottlieb, P. D. Shaw (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1967.
Antibiotics, vol. 3: Mechanism of action of antimicrobial and antitumour agents, J. W. Corcoran, F. E. Hahn (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1975.
Antibiotics, vol. 5, Mechanism of action of antieukaryotic and antiviral compounds, F. E. Hahn (ed.), Springer-Verlag, Berlin, 1979.

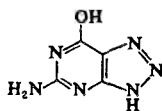
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Аденозин-5'-O-(2-тиодифосфат) (ADP-β-S)		Конкурентный ингибитор щелочной фосфатазы <i>E. coli</i> ; K_i $6,6 \cdot 10^{-5}$ М. Субстрат полинуклеотидфосфорилазы (<i>Micrococcus lysodeikticus</i>). Переносится митохондриальной АТФ/АДР-транслоказой. Не фосфорилируется при окислительном фосфорилировании, но является мощным ингибитором третьей ступени в дыхательной цепи, что указывает на специфическое связывание с АТФ-синтезирующим комплексом. Li_3 -соль $C_{10}H_{12}N_5O_9P_2SLi_3$; M 461,0.
Адриамицин	M 443,2 См. Дауномицин, где $R = COCH_2OH$ M 543,5	pK_a 8,22. Действие см. Дауномицин. Гидрохлорид: M 580,0; p H_2O , $MeOH$.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

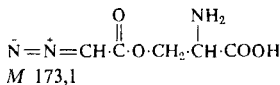
Свойства и другие данные

8-Азагуанин (гуаназол;
5-амино-7-гидрокси-1-у-
гтазол[*d*]пиримидин)



M 152,1

Азасерин (О-дiazоацетил-
L-серин)

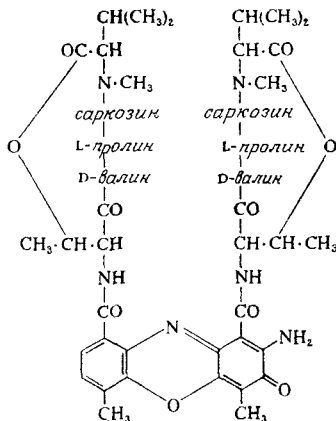


M 173,1

Бесцв. крист. Разл. >300. Раств-сть: р. разб. кисл. Аналог гуанина, включающийся в РНК; вызывает ошибки при трансляции мРНК в белок.

Ромб. крист. от св.-желт. до зелен. цвета из 90%-ного EtOH. $t_{\text{разл}}$ 146 ÷ ÷ 162. pK_a 8,55. ϵ 19730 при 250,5 нм. Раств-сть: х.р. H_2O ; р. водн. EtOH; м.р. MeOH, EtOH, ац. Аналог глутамина, предотвращает, как и DON, перенос амидной гр. от глутамина к формилглицинамидриботиду при синтезе пуринов (необратимо инактивирует фосфорибозилформилглицинамидин-синтетазу путем ковалентного присоединения по SH-гр.). Активен против некоторых типов *Clostridium*, *Mycobacterium tuberculosis* и *Rickettsiae*. Обладает также противоопухолевой активностью. Некоторые грибы, включая некоторые дрожжи, ингибируются этим соединением. Бактерии, выращиваемые на минимальной среде, проявляют большую чувствительность, чем растущие на богатой среде (для ингибирования *E. coli* требуется в тех и др. условиях 0,02 и 5,0 мкг/мл, а для *B. subtilis* – 1,0 и 6,6 мкг/мл). Водн. раств. наиболее уст. при pH 8, уст. резко падает при повышении или понижении pH, нейтр. водн. раств. можно нагрев. при 100°C в течение 5 мин.

Актиномицин



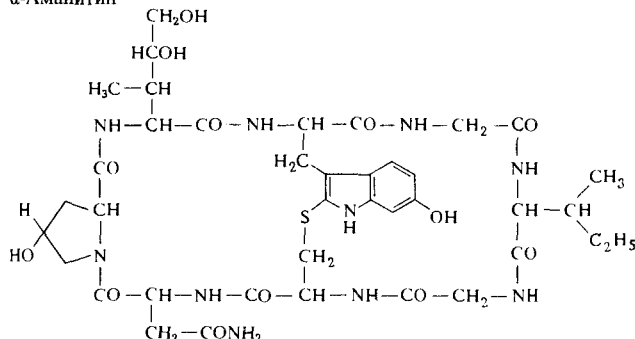
актиномицин D
 $D:M$ 1255,5

Красные крист. ϵ_{260} (pH 7) 24600. Хранить в сухом виде при $-20^\circ C$ в темн. Раств-сть: х.р. ац., бенз., $CHCl_3$, лед. укс. кисл.; р. Et-ацетате, MeOH, EtOH; м.р. эф., H_2O ; н.р. петр. эф.; р. разб. минер. кисл.; н.р. цел. Ингибирует ДНК-зависимую РНК-полимеразу путем образования комплексов с ДНК через дезоксигуаниновые остатки. При более высоких конц. ингибирует ДНК-полимеразу. Ингибирует рост *S. aureus* при 0,25, 0,75 мкг/мл, тогда как для ингибирования *E. coli* необходимо 100 мкг/мл из-за пониженной проницаемости. Активен в клетках млекопитающих мощный противоопухолевый агент. Получ. в виде смеси с близкородственными соединениями, продуцирующимися в различных соотношениях штаммами *Streptomyces*. Многие актиномицины содержат одну и ту же хромоформную гр., но отличаются пептидными боковыми цепями. Активо-

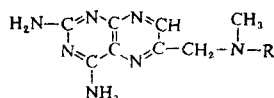
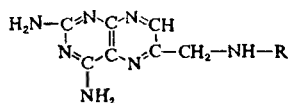
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

 α -Аманитин

M 903,0

Аметоптерин (метотрексат;
4-амино-N¹⁰-метилптероил-
глутаминная кислота)R остаток бензоилглутаминовой
кислоты
M 454,5Аминоптерин (4-аминопте-
роилглутаминовая кислота)R остаток бензоилглутаминовой ки-
слоты
Гидрат + 2H₂O: M 476,4
Безводн.: M 440,4мицин D наиболее широко использ.
препарат из семейства актиномицинов.

Раств-сть: р. H₂O, MeOH, EtOH. Работа требует особых мер предосторожности – чрезвычайно опасное в-во; токсично при попадании в рот, на кожу, а также при вдыхании. Ингибирует эукариотическую РНК-полимеразу II (полимеразу В) при 10⁻⁸–10⁻⁹ М, полимеразу III (С) при 10⁻⁴–10⁻⁵ М, но не полимеразу I (А) и бактериальную полимеразу. Продуцируется грибом *Amanita phalloides*. См. обзор по токсинам *Amanita* [Critical Revs. in Biochem. 5, 185 (1978)].

Желт. крист. *t*_{пл} 185 ÷ 204. Раств-сть: р. разб. HCl. Антагонист фолиевой кисл. Обращает действие как самой фолиевой кисл., так и 5-формилтетрагидрофолиевой кисл. Ингибирует дигидрофолатредуктазу. Различные галогенопроизводные действуют аналогично [J. Pharmac. Exp. Ther. 128, 419 (1960)]. Действие см. [BBA, 458, 264 (1976)]. Исполз. для контроля лейкемии; дозировать легче, чем аминоптерин. Механизмы, обуславливающие уст. к лекарству см. [Adv. Cancer Res. 7, 192 (1963)].

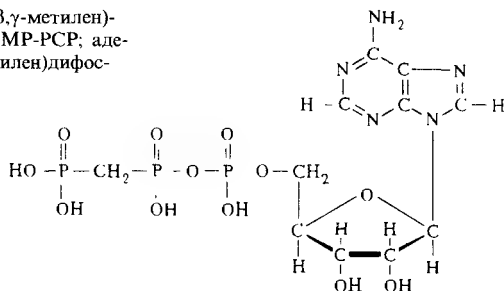
Желт. иглы. Раств-сть: р. водн. NaOH; м. р. H₂O. Антагонист фолиевой кисл., аналогичен по действию аметоптерину. Исполз. для контроля лейкемии.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

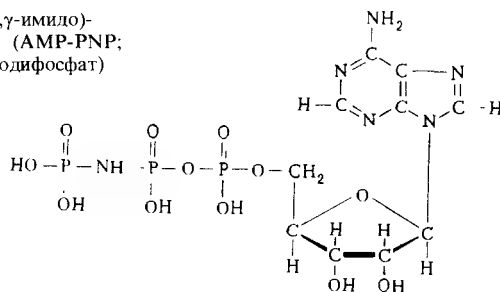
Аденозин-5'-(β,γ-метилен)-трифосфат (AMP-PCP; аденилил(β,γ-метилен)дифосфонат)



M 505,2

Раств-сть: р. H₂O. Аналог АТР (—CH₂— вместо —O— между β- и γ-фосфатами). Исполыз. в исследованиях АТР-зависимых реакций; С Р-связь уст. к р-циям фосфорилирования и трансфосфорилирования. Гидрол. щелочной фосфатазой. Замещает АТР в атрактилозидчувствительном транспорте через митохондриальную мембрану. Не поддерживает транспорт Na⁺, K⁺ и предотвращает связывание убаина с (Na⁺ + K⁺)-АТРазой. Может замещать АТР (30 -50% активности АТР) в РНК-полимеразных системах. Ингибирует полинуклеотидфосфорилазу. Li₄-соль C₁₁H₁₄N₅O₁₂P₃Li₄: M 528,9; уст. при +4°C.

Аденозин-5'-(β,γ-имино)-трифосфат (AMP-PNP; аденилилимидодифосфат)

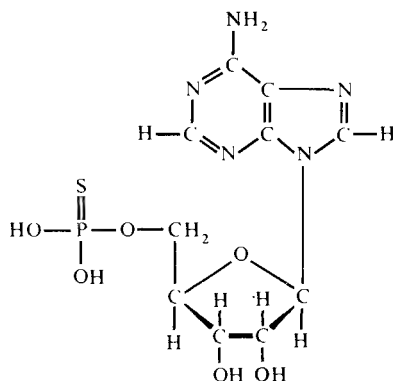


M 506,2

Li₄-соль: M 529,9Na₄-соль + 4H₂O: M 666,2

ε₂₆₀ (рН 7) 15000. Раств-сть: р. H₂O. Аналог АТР (—NH— между β- и γ-фосфатами вместо O). Активно взаимодействует с тяжелым меромиозином, миозином и актомиозином. Мощный конкурентный ингибитор АТРаы тяжелого меромиозина. Фосфодиэстераза змеиного яда расщепляет AMP-PNP на AMP и имидодифосфат; щелочная фосфата (*E. coli*) расщепляет Р—N-связь, давая ADP-NH₂ и P_i. Не гидрол. АТРазами, но превращается в цикло-AMP аденилатциклазой. AMP-PNP гидрол. в кисл. среде до соответствующего фосфоамида и P_i.

Аденозин-5'-O-тиофосфат (AMP-S)



M 363,2

Li₂-соль: M 375,1

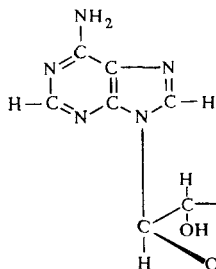
Субстрат и ингибитор АТР-зависимых ферментных систем [Biochem. 7, 4023 (1968)].

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

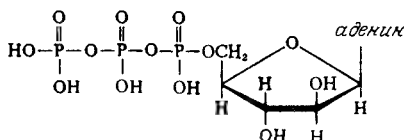
P^1 , P^5 -Бис(аденозин-5')-пентафосфат (Ap_5A)



M 916,4

Li_3 -соль: M 934,2

Аденин- β -D-арабинофуранозид-5'-трифосфат ($AraATP$)

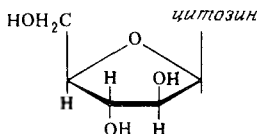


M 507,2

HOH_2C аденин

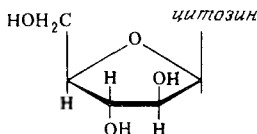
Арабинозиладенин (9- β -D-арабинофуранозиладенин; спонгаденозин; видарабин; адеинарабинозид; аденин- β -D-арабинофуранозид; $AraA$)

M 267,2



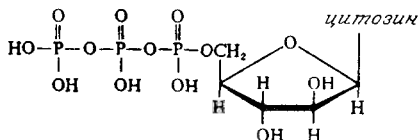
M 243,2

Арабинозилцитозин (1- β -D-арабинофуранозилцитозин; цитарабин; цитозин- β -D-арабинофуранозид; цитозинарабинозид; $AraC$)



M 243,2

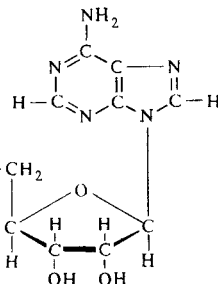
$AraCTP$ (цитозин- β -D-арабинофуранозид-5'-трифосфат)



M 483,2

Va -соль: M 618,5

Сильн. конкурентный ингибитор миокиназы (аденилаткиназы) [JBC 248, 1121 (1973)].



Действует как терминатор цепи в синтезе ДНК – был использован при секвенировании ДНК вместо дидезокси-нуклеозидтрифосфатов (см. [PNAS 74, 5463 (1977)]). Однако некоторые ДНК-полимеразы способны удлинять цепи, оканчивающиеся на ага-нуклеотиды [J. Virol. 15, 759 (1975)]. См. $AraCTP$.

λ_{max} (рН 1) 257,5 нм, ϵ 13400; (рН 13) 259 нм ϵ 14000. $t_{пл}$ 257. Раств-сть: м. р. H_2O . Природный антибиотик; механизм действия см. Арабинозилцитозин. См. обзор нуклеозидных антибиотиков [PNARMB 22, 193 (1979)]. Гидрат (+ $1/2 H_2O$): M 276,3.

$t_{пл}$ 212 $\div$ 213. λ_{max} (рН 2) 281, 212,5 нм (ϵ 13171, 10230); (рН 12) λ_{max} 272,5 нм (ϵ 9259). Селективно ингибирует синтез ДНК в клетках млекопитающих (L-клетки, 97% при $4 \cdot 10^{-7}$ M, синтез РНК не затрагивается); бактерии обычно нечувствительны. Трифосфат может действовать как конкурентный аналог dCTP, кроме того, его включение может замедлять удлинение цепи. См. обзор [PNARMB 22, 193 (1979)].

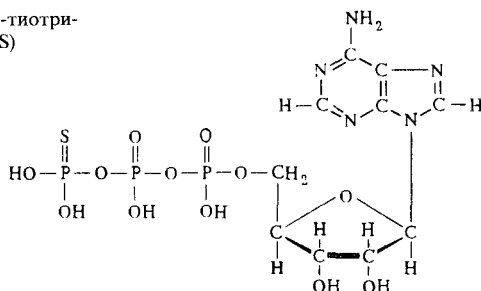
См. $AraATP$. По-прежнему использ. в секвенировании ДНК для разрешения некоторых неопределенностей в структуре, установленной дидезокси-методом [Meth. Enzymol. 65, 568 (1980)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

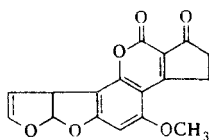
Аденозин-5'-О-(3-тиотри-фосфат) (АТР-γ-S)



M 523,2

Li₄-соль: M 547,0

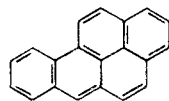
Ингибитор щелочной фосфатазы. Субстрат ДНК-зависимой РНК-полимеразы *E. coli* (K_m $3,8 \cdot 10^{-5}$ М). Гидролиз фосфодиэстеразой змеиного яда. Не реагирует с гексокиназой. Переносится митохондриальной АТР/АДР-транслоказой. Мощный ингибитор АТР-направляемого транспорта электронов.

Афлатоксин В₁

M 312, 3

$t_{пл}$ 268 ÷ 269. λ_{max} (EtOH) 223, 265, 362 нм (ϵ 25600, 13400, 21800). *Осторожно!* Чрезвычайно токсичен, сильный канцероген. Один из нескольких афлатоксинов, продуцируемых *Aspergillus flavus*. Перерабатывается микросомальными системами печени, давая продукты, которые ковалентно связываются с ДНК [ВВА, 585, 134 (1979)].

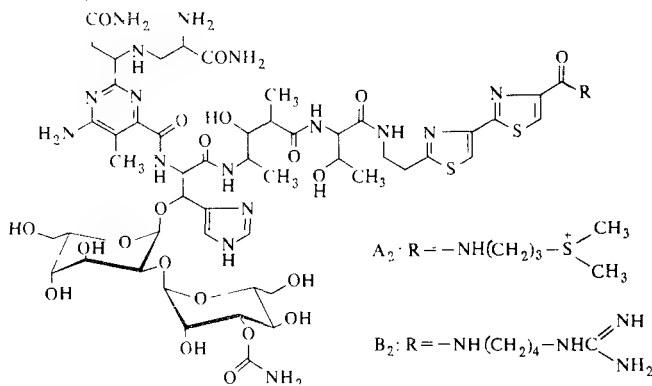
3,4-Бензпирен



M 252,3

Желт. пластинки и иглы. $t_{пл}$ 179. Флуоресценция: конц. H_2SO_4 A 521 нм (470 нм); F 548 нм (493 нм). Раств-сть: р. бенз., толуол, ксилол; ум. р. EtOH, MeOH; н. р. H_2O . Канцероген. Важным фактором в канцерогенезе полициклическими углеводородами является отн. скорость синтеза и разрушения канцерогенных промежуточных соединений [ВВА 473, 149 (1978)]. Гидроксилируется по положениям 5, 8 и 10. Некоторые метаболиты экскретируются в желчь.

Блеомицин

A₂: M 1415,6B₂: M 1425,5

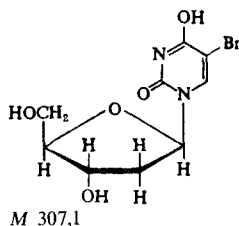
Бесцв. или желт. порошок. pK_a 7,3; 4,7; 2,9. Раств-сть: х. р. H_2O ; м. р. EtOH; н. р. ац., эф. Семейство антибиотиков, различающихся концевыми R-группами. Ингибирует синтез ДНК больше, чем синтез РНК; создает одноцепочечные разрывы в ДНК in vivo и in vitro, чему способствуют восстановители и Fe^{2+} ; требует присутствия O_2 и восстановителя. При 0,1 мкг/мл влияет на L-клетки. Получено много модифицированных блеомицинов; преп. обычно содержит Cu. Механизм см. [BBRC 77, 1150 (1977)]. См. обзор [PNARMV 20, 21 (1977)]. Исправленную структуру см. [J. Antibiotics (Japan) 31, 801 (1978)]. Механизм действия включает генерирование гидроксильных свободных радикалов, приводящее к расщеплению N-гликозидных связей

Соединение (синонимы)

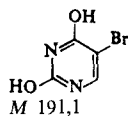
Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

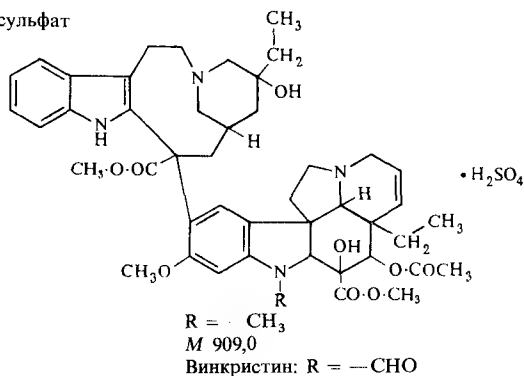
5-Бromo-2'-дезоксирин



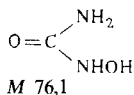
5-Бromoурацил



Винбластинсульфат



Гидроксимочевина (N-гидроксимочевина)



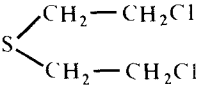
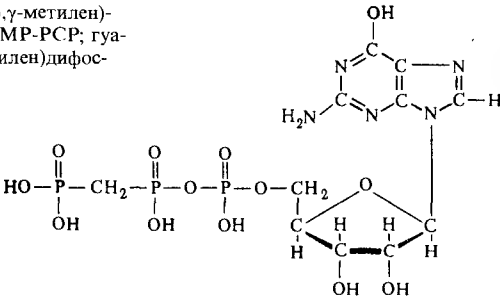
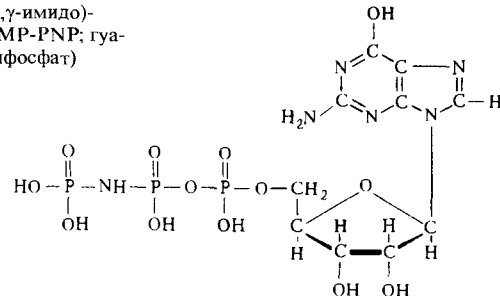
и элиминированию основания (в основном Т), после чего расщепляется фосфодиэфирная связь. Стрептонигрин обладает аналогичным действием. См. обзор по блеомицину и близкородственному флеомицину [Antibiotics 5, 124 (1979)].

λ_{max} (рН 2) 280 нм, ϵ 9250. pK_a 8,1. Раств-сть: р. Н₂О. Аналог тимидина. См. 5-Бromoурацил.

Раств-сть: р. Н₂О. Аналог тимина. Мутаген (индуцирует транзиции GC → AT). Маркер в исследованиях плавучей плотности ДНК. В результате анаболизма превращается в бромодезоксиуридилловую кисл. и в бромодезоксиуридинтрифосфат. Включается в ДНК, в составе которой (в некоторых организмах) может блокировать дальнейший синтез ДНК. Особ. чувствительны вирусы оспы.

Крист. $t_{\text{пл}}$ 284 ÷ 285. Раств-сть: р. Н₂О. Антинеопластический алкалоид, выделенный из *Vinca rosea*, ингибирует каринкинез и секрецию. При $4,3 \cdot 10^{-7}$ М мешает организации микротрубочек. Влияет на транспорт лейцина, уридина, дезоксилюкозы в культивируемых клетках в зависимости от их питания. При сывороточном голодании сильно стимулируется его поглощение; в быстро растущих клетках наблюдается небольшое снижение. Ингибирует синтез РНК. Эффекты труднообратимы. Винкристин обладает аналогичным антимикротрубочным действием, но иначе используется в клинической практике (винбластин для лечения болезни Ходжкина, а винкристин - лейкемии) [Dustin P., Microtubules, Springer-Verlag, Berlin, 1978].

Бел. крист. порошок. $t_{\text{пл}}$ 140. Раств-сть: х. р. Н₂О. Специфический ингибитор синтеза ДНК in vivo; не влияет на синтез РНК и белка. Механизм действия, по-видимому, включает ингибирование синтеза дезоксирибонуклеоти-

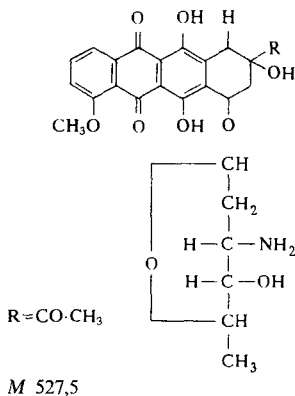
Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Горчичный газ (иприт; бис(2-хлорэтил)сульфид; ди(β-хлорэтилсульфид)	 $ \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl} \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl} \end{array} $ M 159,1	дов из рибонуклеотидов; обладает антивирусным и антинеопластическим действием; вызывает разрыв хромосомы. Не ингибирует репарационный синтез ДНК. Действия обратимы. Бесцв. маслянистая жидк. или крист. $t_{\text{пл}}$ 13. Раств-сть: р. EtOH, эф., CHCl_3, бенз. Работа требует соблюдения особых мер предосторожности; в-во вызывает нарывы на коже. Противоопухолевый агент; поперечно сшивает и моноалкилирует ДНК; реагирует также с SH-группой белков. Азотный «иприт» $\text{NH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$ обладает аналогичным действием. См. обзор реагентов, алкилирующих ДНК, [PNARMB 15, 219 (1975)].
Гуанозин-5'-(β,γ-метилен)-трифосфат (GMP-PCP; гуанилил(β,γ-метилен)дифосфонат)	 M 521,2 Li_4-соль: M 544,9 Na_4-соль (+1 H_2O): M 627,1	Аналог GTP (между β- и γ-фосфатами находится метиленовая группа CH_2). Исполыз. для исследования GTP-зависимых систем, как и AMP-PCP для АТР-зависимых систем. Конкурентный ингибитор GTP-зависимой р-ции (стадии транслокации) белкового синтеза. Менее эффективен, чем GTP-PNP (см.)
Гуанозин-5'-(β,γ-имино)-трифосфат (GMP-PNP; гуанилилимидодифосфат)	 M 522,2 Li_4-соль: M 545,9 Na_4-соль + 2H_2O: M 646,2	ϵ_{260} (рН 7) 11800. Аналог GTP (между β- и γ-фосфатами находится имино-группа $-\text{NH}-$). Условия гидрол. такие же, как для AMP-PNP. Конкурентный ингибитор рибосомозависимой GTPазы, ингибирующий стадию транслокации в белковом синтезе.
Гуанозин-5'-О-(3-тиотри-фосфат) (GTP-γ-S)	См. АТР-γ-S, где адениновый остаток замещен на гуаниновый M 539,2 Li_4-соль: M 563,0	Активация аденилциклазы см. [JBC 250, 867 (1974)]. Гидрол. с гораздо меньшей скоростью, чем АТР, под действием миозинового фрагмента S-1 АТРазы.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

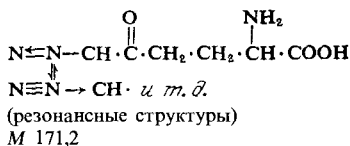
Свойства и другие данные

Дауномицин (рубомицин, даунорубин)



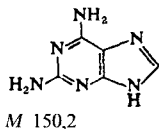
λ_{max} (MeOH) 234, 252 нм, $A_{1\text{см}}^{1\%}$ 665, 462. Раств-сть: гидрохлорид р. H_2O , MeOH; н. р. CHCl_3 , эф. Красный раствор становится синим при щел. pH. Ингибирует синтез ДНК и РНК лишь в небольшой степени; цитотоксический противоопухолевый агент; интеркалирует в ДНК (но производные с низким сродством к ДНК также обладают антимитотическим действием [BBA 512, 254 (1978)]). Хранить в тв. виде в темн. в эксикаторе при 4°C; раствор готовят в буферах непосредственно перед использованием. [BBA 277, 489 (1972)]. Адриамицин (см.) близок по структуре и действию. Дауномицин и адриамицин — наиболее известные из семейства антибиотиков, включающего также ноголамицин, цинерубин, родомицины и рубомицины. Гидрохлорид: $M \ 563,5$; красные крист.

6-Диазо-5-оксо-L-норлейцин (DON)



Св.-желт. крист. из разб. EtOH. $t_{\text{разл}}$ 145 ÷ 155; $A_{1\text{см}}^{1\%}$ 683 при 274 нм. Раств-сть: х. р. H_2O ; р. водн. раств. MeOH, EtOH, ац.; м. р. абс. спиртах. Ингибирует синтез пуринов в бактериальных системах и системах млекопитающих. Аналог глутамина: мешает переносу амидной гр. от глутамина к формилглицинамидриботиду (фосфорибозилформилглицинамидин-син-тетаз не обратимо ингибируется). При высоких конц. ингибируются др. глутаминзависимые р-ции. Предотвращает рост искусственных опухолей, но токсичен для животных. Из 57 исследованных штаммов бактерий только 6 чувствительны к $\leq 12,5$ мкг/мл, а из 104 исследованных видов грибов и дрожжей только 5 видов дрожжей ингибируются ≤ 50 мкг/мл. Водные растворы следует хранить при pH 4,5 ÷ 6,5. В-во быстро разл. в нейтр. водн. раств. при 100°C.

2,6-Диаминопурин



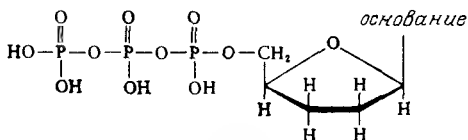
$pK_a < 1$; 5,09; 10,77. Раств-сть: 0,24²⁵, 0,59¹⁰⁰ H_2O . Антагонист пуринов, особ. аденинсодержащих кофакторов р-ций C_1 -переноса. Сульфат $(\text{C}_5\text{H}_6\text{N}_6)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: $M \ 416,4$; бел. иглы.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

Свойства и другие данные

2',3'-Дидезоксирибонуклеозид-5'-трифосфаты



2',3'-Дидезоксиаденозин-5'-трифосфат (ddATP)

Основание - аденин

M 475,2

2',3'-Дидезоксигуанозин-5'-трифосфат (ddGTP)

Основание - гуанин

M 491,2

2',3'-Дидезокситимидин-5'-трифосфат (ddTTP)

Основание - тимин

M 466,2

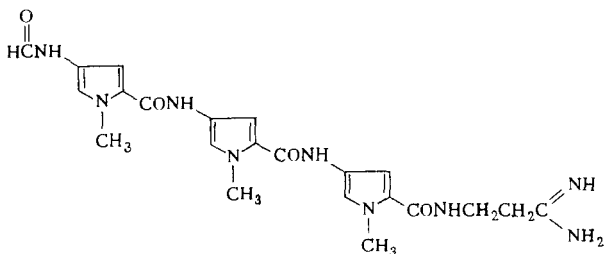
Na₄-соль + 3H₂O: M 608,2

2',3'-Дидезоксицитидин-5'-трифосфат (ddCTP)

Основание - цитозин

M 451,2

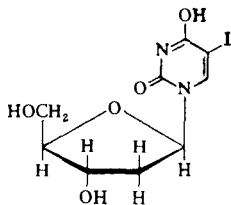
Дистамицин А (сталлимицин)



M 481,6

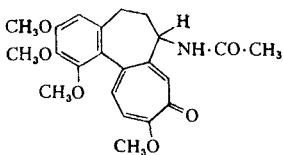
Гидрохлорид: M 518,1

5-Иодо-2'-дезоксуридин



M 354,1

Колхицин



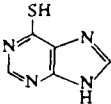
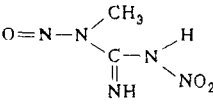
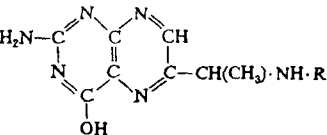
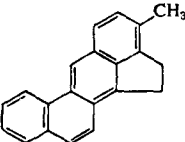
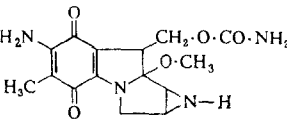
M 399,4

Действуют как терминаторы роста цепи при синтезе ДНК-полимеразой I *E. coli*. Исполъз. в секвенировании ДНК; такой подход приводит к лучшим результатам, чем «плюс-минус»-метод [PNAS 74, 5463 (1977)]. Там же см. синтез.

$\lambda_{\max}$ (—HCl, в 0,02 M NaCl) 303, 237 238 нм (ϵ 34000, 29000). Раств-сть: р. H₂O. Ингибирует синтез ДНК и РНК; активен против ДНК-содержащих вирусов (при 100 мкг/мл предотвращает инфицирование *E. coli* вирусами Т-серии, не влияя на рост клеток хозяйна); противоопухолевая активность. По действию аналогичен нетропсину (см). Водн. раств. разл. за несколько ч., давая желтую окраску. См. обзор [PNARMV 15, 285 (1975)]. Связывается с А:Т-участками двуспиральной ДНК. In vitro ингибирует различные ДНК- и РНК-полимеразы.

Бесцв. крист. $\lambda_{\max}$ (рН 2) 288 нм, ϵ 7770. Раств-сть: р. H₂O. Аналог тимина. Химиотерапия кератита простого герпеса.

Св.-желт. порошок. Темнеет на свету. $t_{\text{пл}}$ 142 ÷ 150. Раств-сть: 4 H₂O; х.р. EtOH, CHCl₃; р. эф. Останавливает митоз (растения и животные); способствует выведению мочевой кислоты с мочой. Влияет на метафазу. При 10⁻⁸–10⁻⁷ M мешает организации микротрубочек, особ. митотического веретена. Влияет на транспорт; см. Винбластин. Менее токсичен, чем винхофен. Единственная соль — аурихлорид. Образует крист. соединения с CHCl₃, разл. при 60°C.

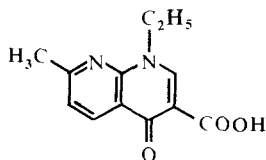
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
6-Меркаптопурин (пуринти-ол; меркалейкин)	 М 152,2 Гидрат: М 170,2	Желт. призмы + H_2O. Теряет крист. H_2O при 140°C. $t_{\text{пл}}$ 313 314 (разл.). Раств-сть: р. H_2O. Препятствует взаимопревращению пуринов; его нуклеозид-5'-трифосфат мешает синтезу NAD. Исполыз. в химиотерапии злокачественных опухолей, для лечения лейкемии.
N-Метил-N'-нитро-N-нитрозогуанидин (NNG; MNG; NTG; NG; MeNNG)	 М 147,1	Раств-сть: р. H_2O. Работа требует соблюдения чрезвычайных мер предосторожности. Один из наиболее мощных среди известных мутагенов; канцероген. Исполыз. для индуцирования мутаций у бактерий (описаны оптимальные условия для <i>E. coli</i> [BBRC 18, 788 (1965)]). Обычно дает > 1 мутации на клетку. В тв. состоянии может разл., создавая взрывоопасное давление, поэтому при хранении в герметично закрытых контейнерах может приводить к взрывам. Др. методы мутагенеза с исполыз. 2-аминопурина, диэтилсульфата, 5-BrUdR, ICR191 и УФ-света описаны в [Meth Enzymol. 17A, 1 (1970)]. Обзор алкилирующих ДНК реагентов см. [PNARMB 15, 219 (1975)].
9-Метилфолная кислота	 R – остаток бензоилглутаминовой кислоты М 455,4	Антагонист фолиевой кисл. По-видимому, вызывает блокирование на уровне фолатредуктазы.
Метилхолантрен	 М 268,3	Св.-желт. крист. $t_{\text{пл}}$ 179 ÷ 180. Раств-сть: р. бенз., толуол, ксилен; м. р. амилловый спирт; н. р. H_2O. Канцероген. При работе следует избегать попадания на кожу (работать в перчатках и т. д.). Водорастворимое производное – метилхолантренхолевая кислота.
Митомицин С	 М 334,3	Пурпурные или глубоко-фиолетовые крист. $t_{\text{пл}}$ > 360 (разл.). Раств-сть: р. H_2O. Ингибирует синтез ДНК. Широкий спектр противоопухолевой активности и сильное бактерицидное действие против грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов и кислотоуст. бацилл. Митомицины – это гр. соединений, из которых митомицин С получил наиболее широкое

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Налидиксовая кислота
(1-этил-1,4-дигидро-7-метил-4-оксо-1,8-нафтиридин-3-карбоновая кислота; NAL)

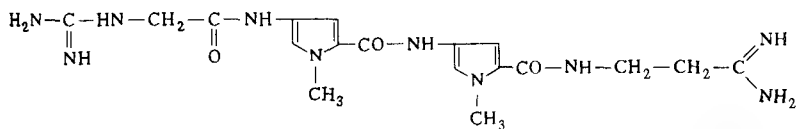


M 232,2

применение как наименее токсичное и обладающее наиболее сильной противоопухолевой активностью. В процессе метаболизма (или с дитионитом) этот антибиотик восстанавливается до производного гидрохинона, давая бифункциональный алкилирующий агент. Последний ковалентно сшивает цепи ДНК и ингибирует синтез ДНК. При 10 мкг/мл полн. ингибируется синтез ДНК в *E. coli*. Антибиотик уст. в водн. раств. при pH 6 ÷ 9; можно хранить при +5°C 1 нед. лишь с незначит. потерей активности. Легко разл. на свету.

$t_{\text{пл}}$ 229 ÷ 230. Раств-сть: м.р. H₂O; разб. щел.; о.п.р. EtOH, MeOH. Ингибирует субъединицу А бактериальной ДНК-гиразы; при 2 ÷ 10 мкг/мл ингибирует рост *E. coli*, при 50 мкг/мл ингибирует репликативный синтез ДНК в обработанных толуолом клетках, не влияет на репаративный синтез ДНК. Аналогичное действие на гиразу проявляет оксолиновая кислота (см.), но в 10 раз сильнее. Центр действия на гиразе отличается от центра действия коумермицина А₁ (см.) [PNAS 74, 4772 (1977); Science 207, 953 (1980)].

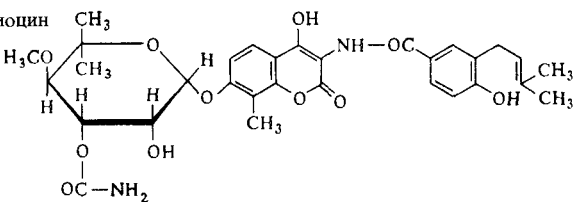
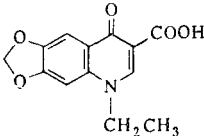
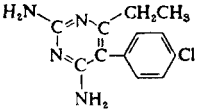
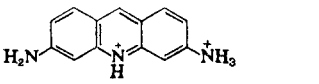
Нетронсин (конгоцидин)



M 430,5

Дисульфат: M 626,7

λ_{max} (—HCl в 0,02 M NaCl) 295 296, 235 нм (ϵ 21000, 20000). Раств-сть: дисульфат м.р. H₂O (0,5 мг/мл при 25°C); н.р. орг. раств-лях. Ингибирует синтез ДНК и РНК; при ~ 10 мкг/мл ингибирует рост *E. coli*. Связывается с А-Т-богатыми участками двуспиральной ДНК (не интеркалирует) со смещением спектра (296 → 325 нм). Водн. раств. при 4°C уст. 3 сут. По действию аналогичен дистамицину (см.). См. обзор [PNARMB 15, 285 (1975)].

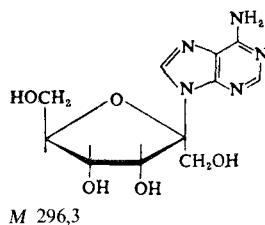
Соединение (синонимы)	Структура и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Новобиоцин	 M 612,6 Na-соль: M 634,6	Желт. крист. pK_a 4,3; 9,1. λ_{max} (0,1 M NaOH) 307 нм, $A_{1\%}^{1\text{см}}$ 600; (0,1 M MeOH HCl) 324 нм, $A_{1\%}^{1\text{см}}$ 390; (pH 7, фосфатный буфер) $A_{1\%}^{1\text{см}}$ 350. Раств-сть: н. р. кисл.; р. > pH 7,5; р. орг. раств-ля; Na-соль р. H₂O, ал., MeOH, EtOH. Ингибирует бактериальную ДНК-гиразу [PNAS 73, 4474 (1976)]; при 20 мкМ ингибирует рост <i>E. coli</i> на 50%; in vivo ингибирует репликативный, но не репаративный синтез ДНК, а также синтез РНК; in vitro при 1 мкг/мл ингибирует репликативный синтез ДНК на 90%, а при еще меньшей конц. также синтез РНК. Раств. при 4°C уст. длительное время; при 25°C разл. на 50% за 30 сут. Центр действия на ДНК-гиразе отличается от центров действия налидиксовой и оксолиновой кисл. (см.) [PNAS 74, 4772 (1977)]. Коумермицин – фактически димер новобиоцина. Механизм действия и литературу см. Коумермицин.
Оксолиновая кислота (1-этил-6,7-метилendioкси-4-хинолон-3-карбоновая кислота)	 M 261,2	Раств-сть: р. разб. КОН. Ингибирует субъединицу А ДНК-гиразы в 10 раз более эффективно, чем налидиксовая кислота (см.). Центр действия на гиразе отличается от центра действия коумермицина А₁ и новобиоцина (см.) [PNAS 74, 4772 (1977); Science 207, 953 (1980)].
Пириметамин (2,4-диамино-5-п-хлорофенил-6-этилпиримидин)	 M 248,7	Крист. Раств-сть: м. р. EtOH; н. р. H₂O. Антагонист фолиевой кисл. Обладает антималярийной активностью и использ. для контроля токсоплазмоза.
Профлавин (3,6-диаминоакридин)	 M 209,3 Дигидрохлорид + 2H₂O: M 318,2 Сульфат: M 307,3	Оранжево-красные крист. pK_a 9,65. Раств-сть: гидрохлорид р. H₂O; о. п. р. EtOH; н. р. CHCl₃, эф. Мутаген (для <i>E. coli</i> при ~4 мкг/мл); интеркалирует в двуспиральную ДНК и ингибирует синтез ДНК in vivo больше, чем синтез РНК. Селективно действует на внехромосомную ДНК, избавляет клетки от плазмид, селективно влияет на кинетопласты трипаносом и митохондриальную ДНК дрожжей, давая дефицитные по дыханию дрожжи. Связывание с ДНК тушит флуоресценцию антибиотика. 0,1% раств. гидрохлорида – кислота; раств. неуст. на свету (мутнеет). Акрифлавин – смесь профлавинов и производного 10-метилакридинийхлорида.

Соединение (синонимы)

Структура и молекулярная масса

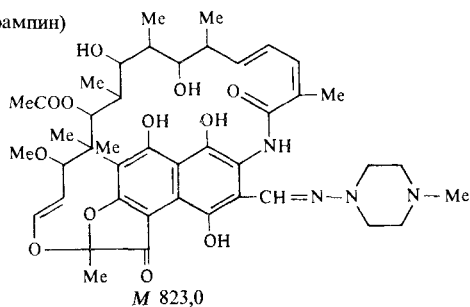
Свойства и другие данные

Психофуранин (6-амино-9-
D-психофуранозилпурин)



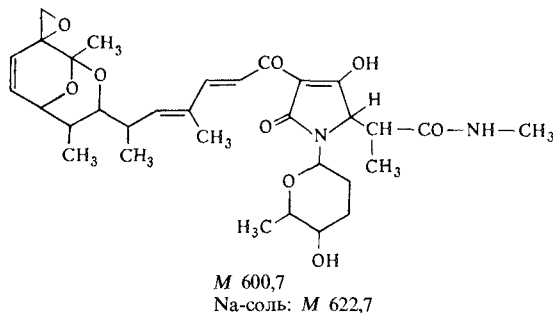
Иглоподобные крист. $t_{\text{пл}}$ 212 ÷ 214 (разл.). Ингибирует синтез пурина; наряду с антибактериальным обладает противоопухолевым действием. Структурный аналог аденозина: действует путем ингибирования процесса превращения ксантозин-5'-фосфата (ХМР) в ГМР ХМР-аминазой. Ингибирование роста *S. aureus* антибиотиком может быть обращено гуанином, гуанозином и ГМР. Ингибирование неконкурентное по отношению к аденозину, но действует на нуклеозидном уровне, по-видимому, путем аллостерического ингибирования. См. обзор [PNARMБ 22, 193 (1979)].

Рифампицин (рифампин)



pK_a 1,7; 7,9. λ_{max} (pH 7,4) 237, 255, 334, 475 нм (ϵ 33200, 32100, 27000, 15400). Раств-сть: о.п.р. H_2O ; х.р. диметилсульфоксид; м.р. $MeOH$. Полусинтетическое производное рифамицина В: при о. низких конц. (0,01 мкг/мл) ингибирует транскрипцию в бактериях. Не действует на РНК-полимеразу эукариот даже при содержании в 10000 раз превышающем уровень, необходимый для ингибирования бактериального фермента (ферменты митохондрий и хлоропластов могут ингибироваться при 1 мкг/мл). Связывается с β -субъединицей бактериальной РНК-полимеразы и ингибирует инициацию цепи, если элонгация цепи еще не началась. Стрептоварицин близок по структуре и аналогичен по действию, но необходима более высокая конц. (> 20 мкг/мл). Сухой рифампицин уст. при 4°C в отсутствие света.

Стрептолидигин (портамицин)



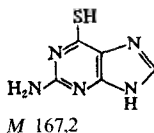
λ_{max} (0,01 М КОН $EtOH$) 261, 291, 336 нм ($A_{1\%}^{1\text{см}}$ 223,6, 270,7, 331,0). Раств-сть: р. $EtOH$, ϕ , $CHCl_3$; о.п.р. H_2O ; Na-соль р. H_2O , орг. растворах, кроме углеводов. Ингибирует синтез РНК (в *Bacillus megaterium* при $1,4 \cdot 10^{-4}$ М на 80%); связывается с бактериальной РНК-полимеразой и ингибирует полимеризацию цепи, но не инициацию (ср. Рифампицин; действие противоположное: рифамицин ингибирует синтез РНК при конц. в 100 раз ниже).

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

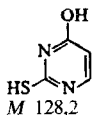
Свойства и другие данные

6-Тиогуанин (2-амино-6-меркаптопурин)



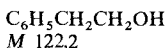
Бесцв. иглы. Раств-сть: р. разб. щел.; о. п. р. EtOH; н. р. H_2O , $CHCl_3$. Включается в ДНК и в меньшей степени в РНК. После включения ингибирует синтез ДНК. Ингибирует рост неоплазмы (новообразований) и микроорганизмов.

Тиоурацил (2-мерканто-4-гидроксипиримидин)



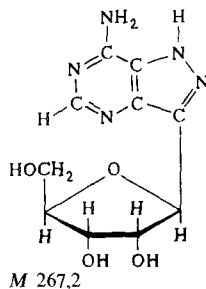
Бесцв. призмы. $t_{пл}$ 340 (разл.). Раств-сть: р. щел.; 0,06 H_2O ; о. п. р. EtOH, эф., кисл. Аналог урацила. Включается в РНК, но не в ДНК. Вызывает ошибки при трансляции мРНК в белок.

2-Фенилэтанол (фенетиловый спирт)



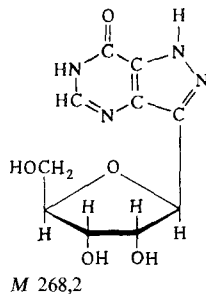
Бесцв. жидк. $t_{кип}$ 219 ÷ 221. Раств-сть: р. EtOH, эф.; 1,6²⁰ H_2O . При 0,25% ингибирует синтез ДНК, не затрагивая синтез РНК и белка; при более высоких конц. ингибирует синтез белка и РНК и прекращает рост клеток. Бактериостатик для о. многих бактерий (исключая *Streptococci*); грамотрицательные бактерии чувствительны к 0,27%, грамположительные к 0,5%.

Формицин А (формицин; 8-аза-9-дезааденозин)



Раств-сть: р. H_2O , MeOH; м. р. EtOH; н. р. эф., ал. Ингибирует *de novo* биосинтез пуринов в опухолевых клетках; включается в РНК; мешает нормальному процессингу 4S тРНК, по-видимому, путем индуцирования аномального расщепления предшественника. В эритроцитах быстро дезаминируется до формицина В.

Формицин В (8-аза-9-дезаинозин)



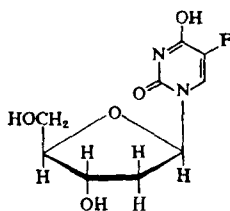
Раств-сть: р. H_2O ; о. п. р. орг. раств-ли. Конкурентный ингибитор NAD в поли-(ADP-рибозо)полимеразе; при 16 мкМ ингибирует рост опухолевых клеток на 50%. Ингибирует пуринууклеозид-фосфорилазу; не субстрат. См. обзор [PNARMB 22, 193 (1979)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

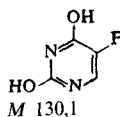
Свойства и другие данные

5-Фтородезоксисуридин (5-фторо-2'-дезоксисуридин)



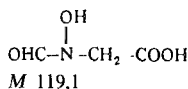
M 246,2

5-Фторурацил (5-фторо-2,4-дигидроксиимидин)

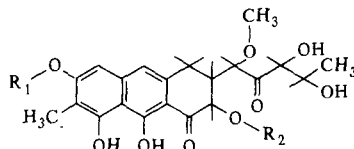


M 130,1

Хадацин (N-формил-гидроксиаминоуксусная кислота)



M 119,1

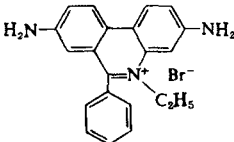
Хромомицин A₃ (тойомицин)R₁ и R₂ – остатки ди- и трисахаридов
M 1183,3

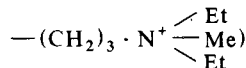
Бел. крист. pK_a 7,6. Раств-сть: р. H_2O . Ингибирует синтез ДНК путем блокирования тимидилатсинтетазы при метаболизме фтородезоксисуридиловой кисл. Тимидилатсинтетаза фермент-мишень противоопухолевой химиотерапии; см. обзор [BBA 473, 73 (1977)].

Бел. порошок. $t_{пл}$ 282–283 (разл.). pK_a 8,0. Раств-сть: р. H_2O . В результате метаболизма превращается во фтородезоксисуридиловую кисл., которая ингибирует тимидилатсинтетазу, и во фторуридинтрифосфат, который включается в РНК вместо УТР. Ингибирует синтез ДНК; вызывает ошибки при трансляции мРНК в белок; вызывает мутацион-транзиции в РНК-организмах. Исполз. в противоопухолевой химиотерапии.

Свободная кислота: неуст. крист. $t_{пл}$ 119 ÷ 120. pK_a 3,5; 9,1. Na-соль: крист. разл. 205–210. Раств-сть: крист. кислота р. H_2O , MeOH, EtOH, ал., эф. Na-соль р. H_2O , MeOH; и. р. EtOH. Ингибирует биосинтез пуринов у млекопитающих и бактерий. Ингибирует рост человеческой аденокарциномы-1 в куриных эмбрионах. Останавливает биосинтез АМР и dAMP: действует как аналог L-аспартата, который может обращать ингибирование. Действует путем ингибирования аденилосукцинат-синтетазы, участвует в превращении IMP в аденилентарную кисл.; эффективный конкурент аспарагиновой кисл. [JBC 237, 1932, 1937 (1962)]. Свободная кисл. неуст. и в раств. гидрол. до муравьиной и гидроксиаминоуксусной кисл.

Желт. порошок. Раств-сть: х.р. H_2O , MeOH. Ингибирует синтез РНК > ДНК (в клетках млекопитающих при 100 мкг/мл и 10 мкг/мл ингибирует синтез РНК на 55% и 30%; при этом синтез ДНК не затрагивается; в *B. subtilis* при 0,1 мкг/мл ингибирует синтез и РНК, и ДНК на ~75%). Связывается с G:C-парами двуспиральной, ДНК, не интеркалирует. Митрамицин (содержит др. сахара) и оливомидин (содержит др. сахара и слегка модифицированную хромоформную гр.) обладают аналогичным действием. См. обзор [ARB 40, 775 (1971)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Этидийбромид (2,7-диамино-10-этил-9-фенилфенантридинийбромид; хомидий-бромид)	 $M\ 394,3$	Темно-красные крист. или порошок. $t_{пл}$ 247 ÷ 249. Раств-сть: р. H_2O, $EtOH$, $MeOH$. Мощный ингибитор синтеза ДНК <i>in vivo</i>; ингибирует синтез ДНК ДНК-полимеразой и синтез РНК ДНК-зависимой РНК-полимеразой в бесклеточных системах. Интеркалирует в ДНК (связывание усиливает флуоресценцию; удобно использ. для окрашивания ДНК). Обращает суперскручивание кольцевой ДНК. Избирательно влияет на экстракцию ДНК (бактериальные плазмиды, кинетопласты трипаносом, митохондриальная ДНК дрожжей). «Излечивает» бактерии от плазмид. Пропидийбромид ($-CH_2CH_3$ гр. замещена на

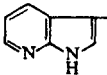


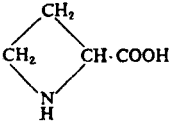
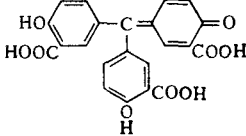
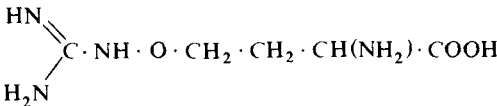
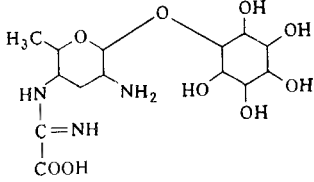
обнаруживает аналогичные свойства интеркалятора [Antibiotics 3, 141 (1975)]. См. обзор по использ. интеркалирующих агентов для зондирования структуры хроматина [Meth. Cell Biol. 18, 351 (1978)]. *Осторожно!* Этидийбромид - мощный мутаген; работа требует применения особых мер предосторожности.

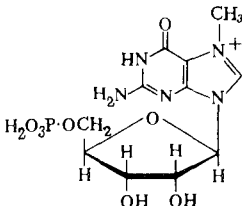
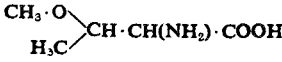
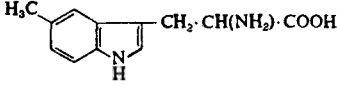
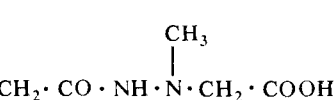
Б. Ингибиторы синтеза белка и аналоги аминокислот

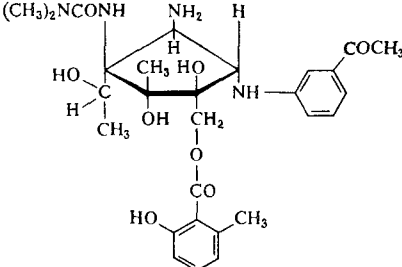
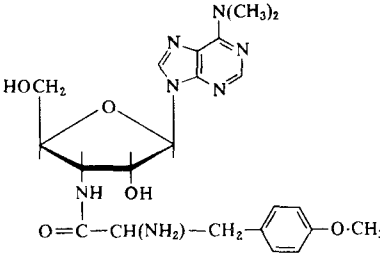
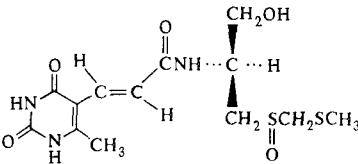
Литература

Vázquez D., Inhibitors of protein biosynthesis. Molecular Biology and Biophysics 30, Springer-Verlag, Berlin, 1978.
Antibiotics 3, Concoran J. W., Hahn F. E. (eds.), Springer-Verlag, Berlin, 1975.
FEBS Letts, 40, S63 (1974).
Metabolic inhibitors, R. M. Hochster, M. Kates, J. H. Quastel (eds.), vol 4, p. 107, Academic Press, 1973.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
7-Азатриптофан (α-амино-β-(7-аза-3-индолил)пропионовая кислота)	 $CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$ $M\ 205,2$ Гидрат: $M\ 223,2$	Пушистые иглы. $t_{пл}$ гидрата 257 ÷ 259 (разл.). Раств-сть: о.л.р. H_2O; м.р. кисл. Аналог триптофана. Ингибирует размножение фагов в <i>E. coli</i>. Включается в бактериальный белок и белок оболочки фага. Может активироваться панкреатическим триптофанактивирующим ферментом.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Азетидин-2-карбоновая кислота	 $M\ 101,1$	Бесцв. крист. Темнеет > 200 (разл.). Раств-сть: х.р. H_2O ; р. кисл. Аналог пролина. Может замещать пролин в белках <i>E. coli</i> и бобов маша (<i>Phaseolus aureus</i>).
α -Амино- β -хлоромасляная кислота	$CH_3CH(Cl)CH(NH_2)COOH$ $M\ 137,6$	Бесцв. крист. $t_{пл}\ 246$ (разл.). Раств-сть: м.р. H_2O ; р. кисл. Аналог валина. Ингибирует включение валина в гемоглобин. Конкурентный ингибитор валинактивирующего фермента.
Ауринтрикарбоновая кислота	 $M\ 422,4$	При низких конц. (50–100 мкМ) специфический ингибитор инициации синтеза белка, при более высоких конц. влияет на элонгацию [ABB 183, 228 (1977)]. Сообщается и о др. действиях; при 3–5 мкг/мл ингибирует РНК-полимеразы из печени крыс (более эффективен при добавлении в начале реакции). При 100 мкМ ингибирует синтез ДНК в проницаемых асцитных клетках на 90%, при 10 мкМ ингибирует очищенную ДНК-полимеразу. При 10 мкМ ингибирует РНК-полимеразу <i>E. coli</i> , по-видимому, путем блокирования инициации синтеза. Предполагается, что ауринтрикарбоновая кисл. действует на все белки, связывающиеся с нуклеиновыми кислотами: синтез белка блокируется путем ингибирования связывания мРНК с малой субъединицей рибосомы. См. литературу в [BBRC 79, 179 (1977)].
Канаванин (α -амино- γ -гуанидинокси- n -масляная кислота)	 $M\ 176,2$	Бесцв. крист. $t_{пл}\ 184$ (разл.). $pK_a\ 2,50$ (COOH); 6,60 (гуанидинокси); 9,25 ($\alpha-NH_2$). Раств-сть: х.р. H_2O . Аналог аргинина. Ингибирует рост некоторых штаммов <i>S. aureus</i> и <i>E. coli</i> . Может включаться в белки саркокарциномы Уолкера и <i>S. aureus</i> . Служит субстратом большинства ферментов, обычно действующих на аргинин.
Касугамицин	 $M\ 379,4$ Сульфат + $\frac{1}{2}H_2SO_4$: $M\ 428,4$	Сульфат: бел. крист. Раств-сть: сульфат р. H_2O ; м.р. EtOH. Ингибирует синтез белка в бактериях. Антигрибковый агент при pH 4–5. В бесклеточной системе <i>E. coli</i> синтез белка на 72мРНК ингибируется на 95% при $2 \cdot 10^{-4}$ М [BBRC 43, 196 (1971)]. Взаимодействует с 30S-субъединицей и предотвращает связывание fMet-тРНК и т. обр. инициацию синтеза белка. Не вызывает ошибок считыва-

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
7-Метилгуаозин-5'-монофосфат ($m^7G^{5'}p$)	 M 377,3	ния. Сообщается об ингибировании синтеза белка в эукариотической бесклеточной системе, хотя большинство эукариотических клеток нечувствительно к этому агенту. Почти все исследования проведены в прокариотических системах. Ингибирует трансляцию мРНК, содержащую $m^7G(5)$ — на 5'-коде. При $\sim 0,25$ mM препятствует взаимодействию мРНК с 40S-субъединицей рибосомы. Полн. ингибирует трансляцию глобиновой мРНК кролика в системе проростков пшеницы [PNAS 73, 19 (1976)].
ω-Метиллизин (α,ε-диамино-гептановая кислота; ε-С-метиллизин)	$CH_3CH(NH_2)(CH_2)_3CH(NH_2)COOH$ M 160,2	Бесцв. крист. $t_{пл}$ 191 (как ди-НCl). Раств-сть: р. H_2O. Аналог лизина. Ингибирует рост <i>S. faecalis</i> и <i>L. mesenteroides</i>; лизин подавляет ингибирование. Включается вместо лизина в клеточные стенки <i>S. aureus</i>.
О-Метилтреонин	 M 133,2	Бесцв. крист. Раств-сть: р. H_2O. Аналог изолейцина. Конкурентно ингибирует включение лейцина в клетки асцитной опухоли Эрлиха. алло-О-Метилтреонин неактивен.
5-Метилтриптофан	 M 218,3	Бесцв. листочки $t_{пл}$ 264 (разл.). Раств-сть: нр. H_2O; р. кисл. Аналог триптофана. Не включается в белок. Конкурентно ингибирует триптофан-активирующий фермент в печени и бактериях, но сам не активизируется. Ингибирует синтез антраниловой кисл. из 5'-фосфорилированной шикимовой кисл. и глутамата в <i>E. coli</i> путем «ложного» обратного ингибирования. Полн. ингибирует фаговый синтез.
Негамизин	 M 248,3	pK_a 3,55; 8,1; 9,75. $t_{пл}$ 110 (разл.). Раств-сть: р. H_2O; н.р. орг. раств-ли. Ингибитор синтеза белка в бактериях, вызывает ошибки считывания (последнее характерно только для антибиотиков, не содержащих аминокислот). Обладает бактерицидными свойствами и эффективен, в числе прочих, против <i>Pseudomonas</i> и грамотрицательных бактерий, устойчивых ко многим антибиотикам. Может селективно ингибировать терминацию цепей [BVA 442, 251 (1976)], а также оказывать разнообразные воздействия на рибосому.

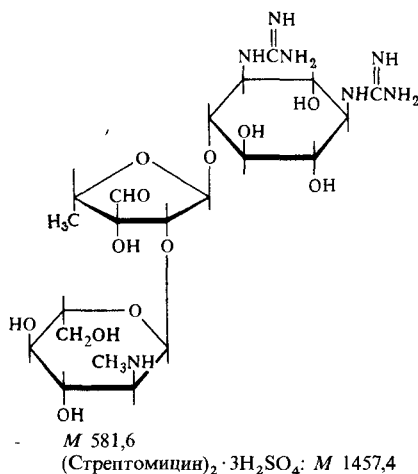
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Норлейцин (α -аминокапроновая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 131,2	Бесцв. листочки. $t_{\text{пл}}$ 301 (разл.). pK_a 2,39; 9,76. Раств-сть: р. H_2O . Аналог метионина. Может включаться в белок <i>E. coli</i> вместо метионина. Конкурентно ингибирует активацию метионина в <i>E. coli</i> .
Пактамицин	 M 558,6	Раств-сть: р. EtOH , CHCl_3 , разб. кисл. и щел. Ингибирует синтез белка в бактериях и др. прокариотах. Ингибирует инициацию, но не влияет на элонгацию, так как не предотвращает разрушения полисом [BVA 294, 118, (1973)]. При 10^{-4} М на 88% ингибирует синтез белка в ретикулоцитах. Неуст.
Пурамицин (стиломицин)	 M 471,5	Бел. крист. $t_{\text{пл}}$ 175 ÷ 177. pK_a 6,8; 7,2. Раств-сть: свободное основание ум.р. H_2O , орг. раств-ли; дигидрохлорид и моносульфат легко р. H_2O . Ингибирует синтез белка. Предотвращает рост бактерий, морских водорослей, простейших и клеток млекопитающих. Вызывает преждевременное освобождение частично образовавшихся белковых цепей из рибосом, действуя как аналог акцепторной аминокислоты-тРНК.
Селеиометионин	$\text{CH}_3\text{Se}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ M 196,1	Бесцв. крист. Раств-сть: р. H_2O . Аналог метионина. Может полн. заменять метионин в белках <i>E. coli</i> . Найден также в белках животных, пасущихся на пастбищах, богатых соединениями Se.
Спарсомицин	 M 361,4	Один из наиболее эффективных ингибиторов синтеза белка в прокариотах и эукариотах; широко использ. как биохимический инструмент исследования. Ингибирует образование пептидной связи, действуя, вероятно, как акцепторный центр на большой субъединице рибосомы. Не действует на интактные ретикулоциты, даже при высоких конц., но в бесклеточных системах при $0,8 \cdot 10^{-7}$ М ингибирует на 84% [BVA 119, 109 (1966)]. Для бактериальных полисом K_i пептидил-пурамицинового синтеза составляет $2 \cdot 10^{-7}$ М, а для полисом нечелюв. крыс 10^{-6} М.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

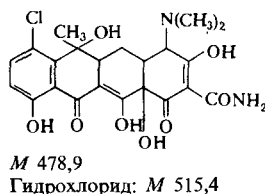
Стрептомицин



Основание, сульфат и гидрохлорид — все гигроскопичные бел. порошки. Раств-сть: р. H_2O ; сульфат х. р. H_2O ; н. р. EtOH. Ингибирует инициацию, элонгацию и терминацию синтеза белка в прокариотах и вызывает ошибки считывания. Связывается с малой субъединицей рибосомы. В *E. coli* при > 20 мкг/мл полн. ингибирует синтез белка. Низкие конц. (2 мкг/мл) вызывают фенотипическую супрессию мутаций из-за неправильного считывания. Родственные аминогликозидные антибиотики (канамицин и неоминин) также вызывают ошибки считывания. Стрептомицинсульфат использ. для осаждения нуклеиновых кисл. при очистке ферментов.

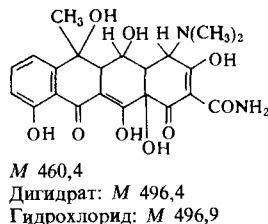
Тетрациклиновые антибиотики

Хлортетрациклин (ауреоминин)

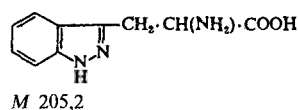


Желт. крист. λ_{max} (0,1 М HCl) 230, 262,5 и 367,5 нм. Раств-сть: м. р. H_2O (0,5 мг/мл); х. р. pH $> 8,5$; гидрохлорид: р. H_2O (8,6 мг/мл), MeOH. Ингибиторы синтеза белка в прокариотах и эукариотах; избирательно действуют на бактерии; имеют терапевтическое значение. В бесклеточной системе *E. coli* при 30 мкМ, а в печени крысы при 125 мкМ хлортетрациклин ингибирует синтез белка на 50%. Ингибирует связывание аминоацил-тРНК с рибосомами [JBC **244**, 5680 (1969)]. Рибосомальный синтез (pppGpp ингибируется в бактериях).

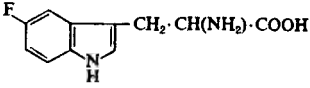
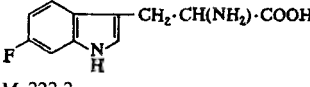
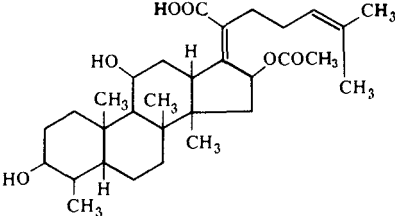
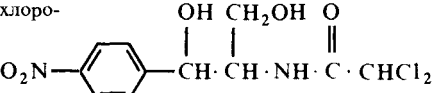
Окситетрациклин (террамицин)

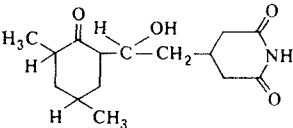
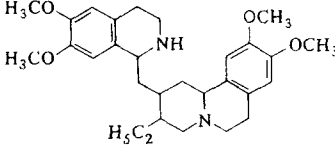


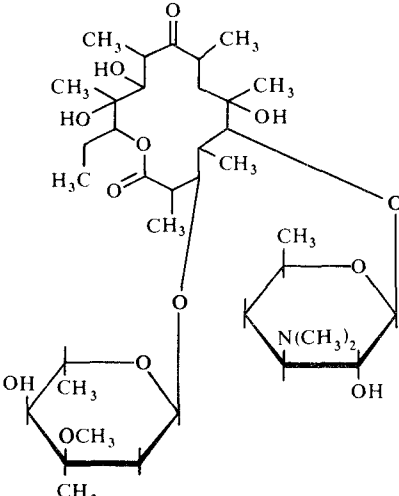
Дигидрат: крист. из H_2O . Гидрохлорид: желт. крист. из H_2O ; λ_{max} (0,1 М фосфат, pH 4,5) 249, 276 и 353 нм ($A_{1cm}^{1\%}$ 240, 322 и 301). Раств-сть: р. H_2O (1,1 мг/мл, pH 7; 39,6, pH 9); р. EtOH. Гидрохлорид: х. р. H_2O (1 г/мл). Водн. раств. гидрохлорида уст. 4 нед. (pH 3–9 при 5°C).

Триптазан (α -амино- β -(3-индазол)пропионовая кислота)

Бесцв. иглы. $t_{пл}$ 249–250 (разл.). Раств-сть: м. р. H_2O ; р. кисл. Аналог триптофана. Включается в белки *E. coli* вместо триптофана. Может быть активирован панкреатическим триптофанамирующим ферментом.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Фториды (натрия, калия)	NaF; KF	KF или NaF ингибирует трансляцию в клетках млекопитающих и в бесклеточных системах. При 30 мМ KF ингибирует инициацию синтеза белка в лизатах ретикулоцитов, при этом лишь незначительно влияет на элонгацию цепи [JBC 250, 3443 (1971)]. Предполагается, что фторид препятствует присоединению 60S-субъединицы к 40S-инициаторному комплексу. Нет сведений об аналогичном действии в прокариотах.
5-Фторотриптофан	 $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ $M \ 222,2$	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}} \ 264 \div 265$ (разл.). Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. кисл., щел. Аналог триптофана. По-видимому, ингибирует ту же реакцию, что и 6-фторотриптофан (см.). Может быть активирован панкреатическим триптофанактивирующим ферментом.
6-Фторотриптофан	 $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ $M \ 222,2$	Бесцв. крист. Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. кисл., щел. Аналог триптофана. Ингибирует синтез N-о-карбоксифенил-D-рибозиламин-1-фосфата из антрапиловой кисл. и фосфорибозилдифосфата в процессе биосинтеза триптофана. Может быть активирован панкреатическим триптофанактивирующим ферментом.
Фузидиевая кислота	 $M \ 516,7$	$pK_a \ 5,35$. $\lambda_{\text{max}} \ 204 \text{ nm}$ ($\epsilon \ 9900$). Раств-сть: м. р. H_2O ; р. EtOH , ац., CHCl_3 . Ингибирует синтез белка в бактериях, бактериальных лизатах, лизатах клеток эукариот (но не в интактных клетках, возможно, из-за их непроницаемости). В бесклеточной системе <i>E. coli</i> при $\sim 0,2 \text{ мМ}$ ингибирует на 60%. Образует устойчивый комплекс фузидиевая кислота – GDP – рибосома – EFG (или EF ₂); предотвращает связывание аминоацил-tРНК. Имеются сообщения об ингибировании транслокации в бесклеточных системах в результате связывания всего имеющегося EFG или EF ₂ , а не из-за ингибирования р-ции транслокации [EJB 57, 431 (1975)].
Хлорамфеникол (САР; хлороминетин)	 $M \ 323,1$	Желт. порошок. Раств-сть: 0,25 H_2O ; х. р. MeOH , EtOH . Ингибирует синтез бактериальных белков путем блокирования пептидилтрансферазной р-ции [JMB 28, 161 (1967)]. Ингибирует синтез митохондриальных и хлоропластных белков. Необратимая токсичность для клеток животных и человека при очень высоких конц., воз-

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Циклогексими́д (актидион)	 M 281,3	можно, из-за ингибирования синтеза ДНК [Molec. Pharm. 13, 504 (1977)]. Хлорамфеникол ингибирует образование (p)ppGpp при участии рибосом, дерепрессируя тем самым транскрипцию рРНК, что приводит к накоплению РНК. Крист. Раств-сть: р. H_2O, $CHCl_3$, EtOH, MeOH. Ингибирует синтез цитоплазматического белка эукариот, но не прокариот. В бесклеточной системе из печени при 1 мг/мл ингибирует на 75%, в intactных ретикулоцитах при 0,03 мг/мл на 95%. О механизме действия – противоречивые сообщения, но предполагается, что происходит ингибирование инициации, элонгации и терминации, причем степень воздействия на ту или иную стадию зависит от конц. антибиотика [ABB 182, 171 (1977)]. Неуст. в щел.
Эметин (6',7',10,11-тетраметоксиэметан)	 M 480,6 Дигидрохлорид: M 553,6 (безводн.)	Бел. порошок. $t_{пл}$ 74. Раств-сть: о. п. р. H_2O; р. EtOH, эф., $CHCl_3$, ад.; дигидрохлорид х. р. H_2O. Селективно ингибирует синтез белка в клетках эукариот и экстрактах. Действует на активный центр 40S-субъединицы рибосомы и ингибирует транслокацию [Biochem. 16, 4727 (1977)]. При 4×10^{-8} М (усредненная конц. в системе, но клетки концентрируют эметин) ингибирует рост клеток HeLa на 50%; действие необратимо. Влияет также на синтез ДНК. При 0,1 мМ в бесклеточной дрожжевой системе ингибирует на 80%. Хранить в темн. Алкалоид тубулозин обладает аналогичным действием. Дигидрохлорид может содержать различное кол-во кристаллизационной H_2O.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Эритромицин (Ery)	 эритромицин А М 734,0 (Ery А)	$\lambda_{\max}$ (рН 6,3) 280 нм (ε 50). pK_a 8,8. Раств-сть: х. р. MeOH, EtOH, р. эф.; медл. р. H₂O (2 мг/мл). Ингибитор синтеза бактериального белка. При 0,04 мкг/мл ингибирует на 50% рост <i>B. subtilis</i>. Входит в группу макролидов, включающую также спирамицин и карбомицин. Раств. имеет щел. р-цию.
Этионин (S-этилгомоцистеин)	$CH_3CH_2S(CH_2)_2CH(NH_2)COOH$ М 163,2	Бесцв. пластинки. $t_{пл}$ 272 (разл.). Раств-сть: р. H₂O. Аналог метионина. Ингибирует рост <i>E. coli</i>; метионин делает эффект обратимым. Может включаться в белок млекопитающих и бактерий вместо метионина. Активируется метионинактивирующими ферментами.

В. Вещества, влияющие на функции мембран

В данный раздел включены поверхностно-активные вещества (ПАВ), лектины, ингибиторы транспорта и ионофоры и родственные каналообразующие соединения. О других веществах, влияющих на функции мембран, следует смотреть разд. 13, Г («Ингибиторы функций митохондрий и хлоропластов»).

ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ПАВ)

Сокращения: ГЛБ гидрофильно-липофильный баланс; ККМ критическая концентрация мицеллообразования (мкмоль/л).

Литература

Свойства ПАВ: Meth. Enzymol. **56**, 734 (1979).
Solubilization by surface-active agents and its application in chemistry and the biological sciences, P. H. Elworthy et al., Chapman and Hall, London, 1968.
Селективное выделение из микросом без разрушения мембран: Meth. Enzymol. **31**, 215 (1974).
Использование ПАВ для выделения ядер: Meth. Enzymol. **31**, 254, 558 (1974); Meth. Cell Biol. **15**, 223 (1977).
Солюбилизация мембран: BBA **415**, 29 (1975); **733**, 210 (1983); **737**, 285 (1983).

Влияние гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и критической концентрации мицеллообразования (ККМ) на солюбилизацию мембранных белков: JBC **251**, 4442 (1976); BBA **455**, 796 (1976); BBA **553**, 40 (1979).

Исследование мембранных белков в растворах ПАВ: BBA **457**, 133 (1976).

Солюбилизация с помощью ПАВ с последующим электрофорезом в полиакриламидном геле: Meth. Enzymol. **32**, 82 (1974).

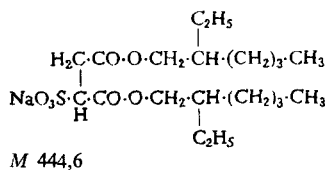
Получение и исследование плазмменных мембран млекопитающих:

Evans W. H., in: Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology, T. S. Work, E. Work (eds.) vol. 7, North-Holland, Amsterdam, 1979.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

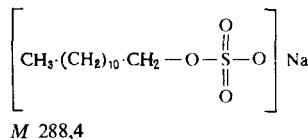
Анионные ПАВ

Диоктилсульфосукцинат натрия (аэрозоль ОТ; бис(2-этилгексил)сульфосукцинат натрия)



Воскоподобное тв. в-во. Раств-сть: р. H₂O (18 г/л 30°C), CCl₄, ал., бенз., MeOH. Слегка гигроскопичен, уст. в кисл. и нейтр. раств., гидрол. в щел. раств. Бактерицидная активность возрастает с понижением pH, при нейтр. pH активен только против грамположительных бактерий; при pH 4 активен против грамположительных и грамотрицательных бактерий [Bull. Int. Ass. Milk Deal. **33**, 491 (1941)].

Додецилсульфат натрия (ДСН; лаурилсульфат натрия; приум; SDS)

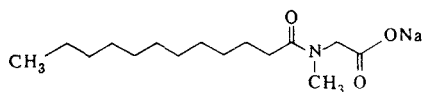


Бел. или кремово-бел. порошок или крист. Раств-сть: р. H₂O, EtOH. ККМ 8200 (H₂O); 520 (0,5 M NaCl); коммерческий препарат — смесь алкилсульфатов. Бактерицидная активность наибольшая при низких pH, а при pH 4 активен против грамположительных и грамотрицательных бактерий. Вызывает разрушение клеточных стенок грамотрицательных бактерий [J. Gen. Microbiol. **23**, 137 (1960)]. Исполз. для отделения от белков нуклеиновых кислот (РНК [JACS **75**, 4041 (1953)] и ДНК [JBC **190**, 165 (1951)]). Солюбилизирует белки и создает на них сильный отрицательный заряд; широко исполз. в электрофорезе.

Желчных кислот соли

См. Желчные кислоты (разд. 9). Na-соли холевой, дезоксихолевой, тауро-холевой и тауродезоксихолевой кисл. широко исполз. как ПАВ (ККМ 13 ÷ 15, 4 ÷ 6, 10 ÷ 15 и 2 ÷ 6 mM).

Саркозил (Na-соль N-лаурил-саркозина)



M 293,4

λ_{max} 220 и 265 нм (ϵ_{280} 3).

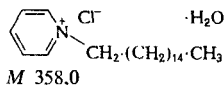
Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

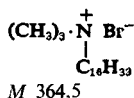
Катионные ПАВ

Цетилпиридинийхлорид (1-гексадецилпиридинийхлорид; цепринхлорид; цепакохлорид; цетамоний)



Бел. порошок. $t_{\text{пл}} 77 \div 83$. Раств-сть: х. р. H_2O , EtOH , CHCl_3 ; о. п. р. бенз., эф. Обладает бактерицидными св-вами, при щел. pH активен против и грамположительных, и грамотрицательных организмов. Денатурирует белки [Adv. Protein Chem. 4, 79 (1948)] и разрушает мембраны бактериальных клеток по тому же механизму, что и ЦТАБ. Ранее использовался для изменения проницаемости клеток. Меняет поверхностный заряд бактерий на противоположный [J. Bacteriol. 51, 149 (1946)].

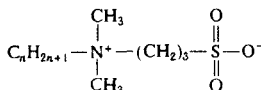
Цетилтриметиламмонийбромид (цетавлон; цетримид; ЦТАБ; цетиламин; квамоний)



Кремowo-бел. порошок. Раств-сть: х. р. EtOH , MeOH ; 10 H_2O . Коммерческий продукт – смесь алкиламмонийбромидов (~ 80% ЦТАБ). Проявляет бактерицидные св-ва (которые полн. подавляются мылами и анионными ПАВ), при щел. pH активен против и грамположительных, и грамотрицательных бактерий. Разрушает клеточные мембраны, освобождая аминокислоты, пурины, пиримидины и др. малые молекулы [J. Gen. Microbiol. 5, 391 (1951)]. Используется для увел. клеточной проницаемости ферментов и для ускорения действия ферментов [BJ 45, 325 (1949)]. Денатурирует белки [Adv. Protein Chem. 4, 79 (1948)].

Цвиттерионные ПАВ

Семейство ПАВ на основе N-алкил-N,N-диметил-3-аммоний-1-пропансульфонатов



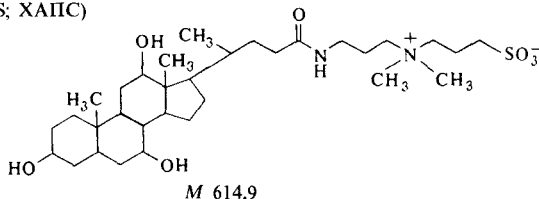
Сульфобетайновые ПАВ; 3 ÷ 10 и 3 ÷ 12 рекомендуются как наиболее эффективные для освобождения белков из связанных с мембраной компартментов без их денатурации [BVA 733, 210 (1983)]. Сульфобетайны при pH 2 ÷ 12 не имеют выраженного заряда, который можно было бы использовать при изoeлектрической фокусировке.

цвиттергент 3-06, $n = 6$,	M 251,6
цвиттергент 3-08, $n = 8$	M 279,6
цвиттергент 3-10, $n = 10$	M 307,6
цвиттергент 3-12, $n = 12$	M 335,6
цвиттергент 3-14, $n = 14$	M 363,6
цвиттергент 3-16, $n = 16$	M 391,6

ККМ высокая.
ККМ высокая.
ККМ 1,2%.
ККМ 0,12%.
ККМ 0,012%.
ККМ 0,0012%.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

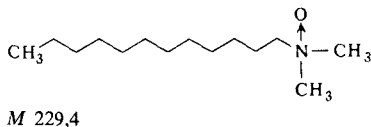
3-[(3-Холамидопропил)диметилламмоний-]-1-пропансульфонат (CHAPS; ХАПС)



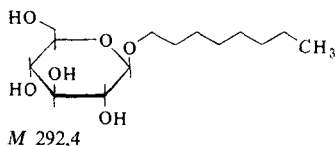
$t_{пл}$ 117 (разл.). Сочетает ценные свойства ПАВ обоих типов сульфобетайнового и желчных кислот.

Неионные ПАВ

N,N-Диметилдодециламино-N-оксид (LDAO; лаурилдиметиламинооксид)

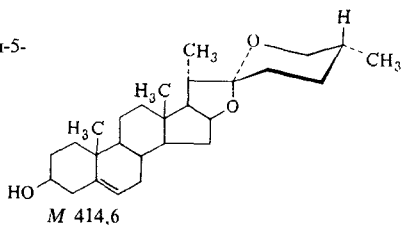


Октилглюкозид (октил-β-D-глюкопиранозид)



ККМ 25000 мкМ. Не поглощает при 228 нм. Более всего подходит для солубилизации и выделения мембранных белков.

Диосгенин ((25R)-спиростен-5-ол-3β; нитогенин)



Иглы или пластинки из ац. $t_{пл}$ 204 ÷ 207. Раств-сть: р. большинство орг. раств-лей. Стероидный сапонин, выделенный из экстракта *Dioscorea tokoro*, Makino. Образует нераств. дигитонид. Сапонин диосгенин (диосгенинбис-α-L-рамнопиранозил-(1 → 3, 1 → 4)-β-D-глюкопиранозид) $C_{45}H_{72}O_{16}$; M 869,1.

Полиоксэтиленовые спирты (ПЭГ; PEG)

$CH_3(CH_2)_xO[CH_2CH_2O]_nH$
 n – число этоксисединиц в оксиптиленовом остатке

Полиоксэтиленовые спирты с простыми алкильными цепями подвержены аутоокислению, особ. на свету, что приводит к образованию поглощающих в УФ-свете продуктов. Для стабилизации можно добавить небольшие кол-ва антиоксиданта (напр., бутилированный гидрокситолуол).

бридж 35

ПЭГ ($n = 23$), лауриловый спирт

бридж 56

ПЭГ ($n = 10$), цетиловый спирт
 M 682

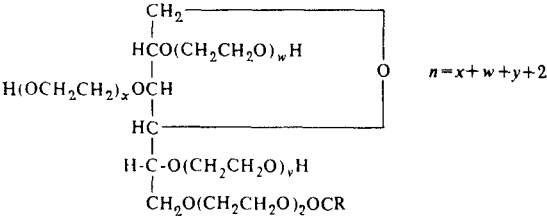
бридж 58

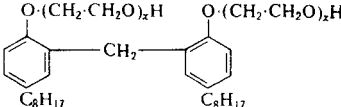
ПЭГ ($n = 20$), цетиловый спирт
 M 1122

ГЛБ 12,9. ККМ 2 мкМ

ГЛБ 15,7. ККМ 77 мкМ

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
луброл РХ	ПЭГ ($n = 9, 10$), лаурилмиристиловый спирт	Лучше, чем тритон X-100, солибилизирует связанную с мембраной аденилатциклазу [BBRC 38, 86 (1970)]. Воскоподобное тв. в-во. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. ГЛБ 14,9. ККМ 20 ÷ 66 мкМ. Эффективный солибилизатор NaK-активируемой АТФазы церебральных микросом [JBC 246, 531 (1971)]. Исполыз. совместно с дезоксихолатом в виде 0,5%-ного раств. в 0,25 М сахарозе для отделения белков от микросом млекопитающих и приготовления рибонуклеопротеинов [BJ 70, 254 (1958); Exp. Cell Res. 23, 517 (1961)]. 0,05%-ный раств. в буферах обеспечивает разделение сывороточных белков методом электрофореза на бумаге [Clin. Chem. 6, 413 (1960)].
луброл WХ	ПЭГ ($n = 17$), цетилстеариловый спирт	
Полиоксиэтилен- <i>n</i> -(трет-октил)фенол	$CH_3 - C(CH_3)_2 - CH_2 - C(CH_3)_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - O - [CH_2 - CH_2 - O]_n \cdot H$	Полиоксиэтиленалкилфенолы содержат гидрофобные гр. и поглощают в УФ-области, что мешает спектрофотометрическому определению белков. После вскрытия фасовки ПАВ следует хранить в стеклянных контейнерах при 0°C для предотвращения образования пероксидов [Meth. Enzymol. 52, 145 (1978)]. Для разрушения пероксидов можно исполыз. $NaBH_4$ [Anal. Biochem. 83, 274 (1977)]. ГЛБ 10,4. ККМ 100 мкМ.
тритон X-45	ПЭГ ($n = 5$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 427	Темп. помутнения 22. ГЛБ 12,4. ККМ 210 мкМ.
тритон X-114	ПЭГ ($n = 7, 8$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 537	Темп. помутнения 65. ГЛБ 13,5. ККМ 250 мкМ. Лучший реагент, позволяющий максимально увел. число, а также выход растворимых компонентов мембран, выделяемых в неденатурирующих усл. Степень солибилизации увел. с увел. содержания детергента вплоть до выхода на плато при соотношении детергент: белок 0,5 ÷ 1 [BBA 553, 40 (1979)].
тритон X-100	ПЭГ ($n = 9, 10$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 625	
тритон X-102	ПЭГ ($n = 12, 13$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 757	Темп. помутнения 88. ГЛБ 14,6. ККМ 330 мкМ.
тритон X-165	ПЭГ ($n = 16$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 911	Темп. помутнения 100. ГЛБ 15,8. ККМ 430 мкМ.
тритон X-305	ПЭГ ($n = 30$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол М 1527	Темп. помутнения 100. ГЛБ 17,3. ККМ 650 мкМ.
новидет Р40	ПЭГ ($n = 9$), <i>n</i> -(трет-октил)фенол	Св-желт. вязкая жидк. Раств-сть: ∞ H_2O ; р. EtOH, <i>изо</i> -PrOH, эф., ац., бенз. ГЛБ 13,1. ККМ 290 мкМ. Для солибилизации липидного материала исполыз. в виде 1,5%-ного (об./об.) раств. в 0,2 М фосфатном буфере (pH 7,2), содержащем 0,006 М $MgCl_2$, позволяет выделять эндосперм протопластов [Aust. J.Biol. Sci. 16, 375 (1963); 17, 102 (1964)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Полиоксидиленноилфеол (тритон N-101)	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{H}$ ПЭГ ($n = 9, 10$), нонилфеол	ГЛБ 13,5. ККМ 85 мкМ.
Полиоксидиленовые эфиры на основе производных сор- бита	 $n = x + w + y + z$	
твин 20 (полисорбат 20)	ПЭГ ($n = 20$), сорбитанмонолаурат	ГЛБ 16,7. ККМ 60 мг/л. Сл. ПАВ; иногда использ. для дополнительной обработки мембран с целью удаления периферийных белков [BVA 455, 796 (1976)].
твин 40 (полисорбат 40)	ПЭГ ($n = 20$), сорбитанмонопальмитат	ГЛБ 15,6. ККМ 29 мг/л.
твин 60 (полисорбат 60)	ПЭГ ($n = 20$), сорбитанмоностеарат	ГЛБ 14,9. ККМ 27 мг/л. Янтарная вязкая жидк. Раств-сть: х.р. H_2O ; р. EtOH, MeOH, Et-ацетат, толуол. ГЛБ 15,0. ККМ 13 мг/л. Антибактериальной активностью не обладает или в очень малой степени. Использ. для стимуляции скрытого роста туберкулезной палочки (опт. конц. 0,1%) [J. Exp. Med. 83, 409 (1946)]. Может подвергаться метаболизму с высвобождением олеиновой кисл. (последняя - ингибитор роста некоторых бактерий) [Annls Inst. Pasteur, Paris 85, 277, (1953)]. У некоторых бактерий индуцирует переход от гладких форм в шероховатые [C. R. Seale. Soc. Biol. Paris 146, 820, (1952)]. Использ. для фракционирования тканей клеточных культур [Proc. R. Soc. B156, 521, (1962)].
твин 80 (полисорбат 80)	ПЭГ ($n = 20$), сорбитанмоноолеат	Янтарная вязкая жидк. Раств-сть: х.р. H_2O ; р. EtOH. ГЛБ 16,5. Широко использ. в виде 1%-ного раств. в 0,1 М трисе или фосфатном буфере (pH 7,4) для извлечения и сольubilизации цитохрома <i>a</i> из тканей млекопитающих [J. Biochem., Tokyo 46, 917 (1959); JBC 235, 845 (1960)].
эмазол 4130	По структуре близок к твину 80	

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Полиоксипропиленполиоксипропиленовые эфиры плуроник L62, $n = 15$ плуроник L64, $n = 25$ плуроник F68, $n = 140$	Полиоксипропилен $(M\ 1501 \div 1800) + (\text{этоксигидрокси-единицы})_n$ 	Бесцв. жидк. Раств-сть: х. р. H_2O. Проявляет противотуберкулезную активность in vivo [Nature, Lond. 168, 150 (1951)]. См. обзор «Влияние некоторых поверхностно-активных веществ на взаимоотношение хозяин-паразит при экспериментальном туберкулезе» [CIBA Foundation Symposium on Experimental Tuberculosis, 1955, p. 299]. Корректирует изменения в печеночных и сывороточных липидах, вызванные обработкой этинилэстрадиолом [PNAS 75, 4130 (1978)]. Ингибитор микросомальной холестеринацил-CoA-трансферазы из печени [BJ 174, 45 (1978)]. Исполыз. для выделения модифицированных лизосом (трипонсом) [Meth. Enzymol. 31, 323 (1974)].

Другие ПАВ

Хаотропные агенты

Ряд «активности» (эффективности) при экстракции белков из мембран: $CCl_3COO^- > SCN^- > \text{гуанидин} > > ClO_4^- > Br^- > NO_3^- > \text{мочевина}$. Хаотропные анионы увел. раств-сть в H_2O неполярных остатков [PNAS **62**, 1129 (1969)]. Некоторые белки диссоциируют из мембран под действием хаотропных агентов. Выходы могут быть низкими, однако селективность их действия делает их чрезвычайно полезными в-вами. Гуанидин-HCl и мочевина обладают аналогичными св-вами. Мочевина обладает большим сольбилизирующим действием при $0^\circ C$, чем при $25^\circ C$. Антихаотропные анионы (большие многозарядные или малые однозарядные анионы, такие, как SO_4^{2-} , PO_4^{3-} и F^-) исполыз. для сборки мембранных компонентов, разъединенных хаотропными анионами.

ЛЕКТИНЫ

Лектины – агглютинирующие клетку и специфичные к сахарам белки, найденные в растениях, обычно в семенах (фитогемагглютинины), и в организмах беспозвоночных и низших позвоночных. Связывание лектинов с поверхностью плазматической мембраны клеток имеет для структурного и функционального состояния мембран очень разнообразные следствия, напр. вызывает изменения в расположении поверхностных белков и гликопротеинов, в физическом состоянии мембранных липидов, проницаемости мембраны для различных веществ и активности мембранных ферментов. Некоторые из конкретных изменений являются ключевыми, ответственными за дальнейшие изменения в мембране и внутри клетки, напр. митогенные лектины индуцируют репликацию нуклеиновых кислот и размножение лимфоцитов.

Литература

Sharon N., Lis H., Lectins: cell-agglutinating and sugar-specific proteins, Science **177**, 949 (1972).
Lis H., Sharon N., The biochemistry of plant lectins (phytohaemagglutinins), ARB **42**, 541 (1973).
Liener I. E., Phytohaemagglutinins (phytolectins), Ann. Rev. Plant Physiol. **27**, 291 (1976).
Brown J. C., Hunt R. C., Lectins, Int. Rev. Cytology **52**, 277 (1978).
Purification and properties of carbohydrate-binding proteins, Meth. Enzymol. **28**, 313 (1972).
Agglutination and binding assays, Meth. Enzymol. **32**, 615 (1974).
Group-specific separation of glycoproteins, Meth. Enzymol. **34**, 331 (1974).

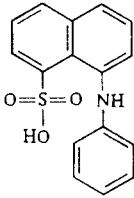
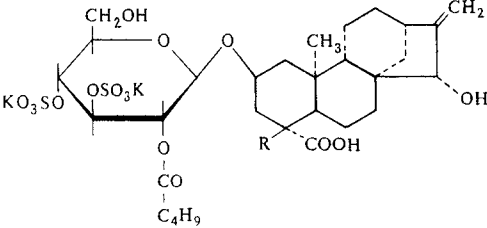
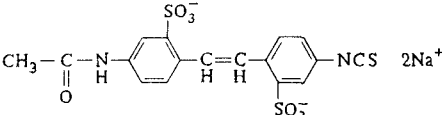
Соединение	Формула и молекулярная масса	Примечания
Белок А	Одна полипептидная цепь M 42000	Выделен из клеточной стенки <i>Staphylococcus aureus</i> . Связывание специфично для Fc-фрагмента молекул IgG нескольких типов. Широко использ. в работах по иммунному анализу, так как устраняет необходимость подбора оптимального соотношения антиген/антитело [Anal. Biochem. 97 , 24 (1979); J. Immunol. 115 , 1617 (1975)].
Конканавалин А	Белок, состоящий из 2 идентичных субъединиц (M 26000), каждая содержит 237 аминокислотных остатков; при pH > 7 тетрамер; 2 центра связывания Ca ²⁺ ; 2 центра связывания атомов переходных металлов; 2 центра связывания сахаридов (когда оба типа металлсвязывающих центров заняты)	Гемагглютинин из канавалии мечевидной (<i>Canavalia ensiformis</i>); образует нерастворимые комплексы с биополимерами, содержащими множественные α-D-глюкопиранозильные (или их 2-ацетида-2-дезоксипроизводные), α-D-маннопиранозильные или β-D-фруктофуранозильные остатки в качестве невосстанавливающих концов. Может также связываться с остатками маннозы внутри молекулы. Обладает митогенным действием.
Лектин пшеницы		Выделен из <i>Triticum vulgare</i> . Участок связывания комплементарен последовательности из трех β(1-4)-связанных N-ацетил-D-глюкозаминовых остатков; не агглютинирует нормальные клетки, если не созданы особые усл. (напр., после протеазной обработки), в то время как трансформированные клетки агглютинируются.

Соединение	Формула и молекулярная масса	Примечания
Лектин сои	Тетрамер в широком диапазоне pH M 120000	Выделен из <i>Glycine max</i> . Специфичен к N-ацетил-D-галактозаминовым остаткам. Оказывает митогенное действие на лимфоциты, обработанные нейраминидазой.
Лектин чечевицы		Выделяют из <i>Lens esculenta</i> . Сродство к α -D-маннопиранозильным и α -D-глюкопиранозильным остаткам; гемагглютинирующее действие; оказывают митогенное действие на не-обработанные лимфоциты.
Лектин <i>Helix pomatia</i>	Гексамер: M 79000	Лектин из улиток, специфичный к остаткам N-ацетил-D-галактозамина. Связывается с Т-лимфоцитами, обработанными нейраминидазой, но не с В-клетками, обработанными таким же образом. Специфичен к человеческим эритроцитам группы А.
Рицин	Димер, состоящий из 493 аминокислотных остатков. А- и В-цепи соединены дисульфидным мостиком. Димер: M 66000 А-цепь: M 32000 В-цепь: M 34000	Чрезвычайно токсичный гликопротеин из семян клещевины <i>Ricinus communis</i> . Проникновение в клетку осуществляется в две стадии: 1) токсин связывается В-цепью с концевой галактозой рецептора на поверхности клетки и 2) дисульфидная связь расщепляется, освобождая А-цепь, которая проникает в клетку, где связывается с 60S-субъединицей рибосомы в той области, где, по-видимому, связываются EF ₁ и EF ₂ . Абрин: M 65000; аналогичный по действию токсин из <i>Abrus pectoratorius</i> .
Фитогемагглютинин (лейкоагглютинин)	См. [Ann. Rev. Plant Physiol. 27, 291 (1976)] Тетрамер: M 126000 L- и R-субъединицы: M 31000 ÷ 34000	Сырой препарат из фасоли обыкновенной (<i>Phaseolus vulgaris</i>) широко использ. как митоген. Семейство из 5 гетерогенных белков, каждый из которых состоит из изомерных нековалентно связанных тетрамеров, построенных из субъединиц двух различных типов: L (лейкоагглютинирующая активность) и R (гемагглютинирующая активность); все белки обладают различной биологической активностью. Гибридные молекулы митогенны.

ИНГИБИТОРЫ ТРАНСПОРТА

Литература

Hochster R. M., Quastel J. H. (eds.), *Metabolic Inhibitors*, vol. 3, ch. 1–3, 10, 1972.

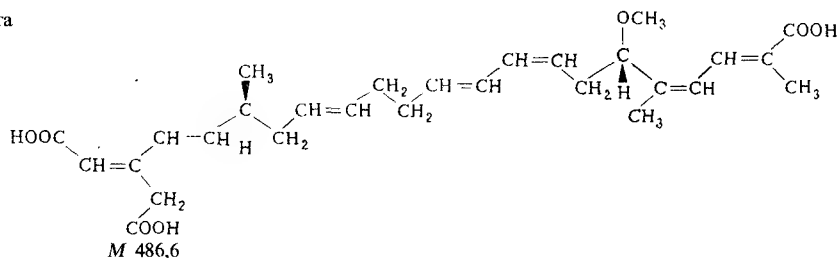
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
8-Анилинафтаил-1-сульфокислота	 M 229,4	Флуоресценция: $F_{\max}$ 480 нм (в EtOH). Сильно флуоресцирует в орг. растворах, но не в водн. раств. Используется, как гидрофобный зонд в исследовании мембран и белков. Наиболее известный из зондов. См. обзор [Meth. Enzymol. 32, 234 (1974)]. Ингибирует анионную проницаемость мембран красных клеток [J. Mem. Biol. 5, 154 (1971)].
Атрактилозид (атрактилат калия)	 Атрактилозид: R = H Карбоксиатрактилозид (гуммиферин): R = COOH K₂-соль атрактилозида: M 803,0 Карбоксиатрактилозид: M 770,8 K₂-соль карбоксиатрактилозида + 1H₂O: M 865,0	Бесцв. крист. Раств-сть: р. EtOH; н.р. H₂O. Предотвращает движение адениннуклеотидов через внутреннюю митохондриальную мембрану путем вытеснения нуклеотидов из белка транслоказы, связанного с мембраной. При ≤ 1 нмоль/мг белка ингибирует на 50%. Карбоксиатрактилозид также специфический ингибитор транспорта адениннуклеотида, но неконкурентный в отношении нуклеотидов. Растительные митохондрии относительно нечувствительны к атрактилозиду, но не к карбоксипроизводным. См. обзор [BBA 456, 1 (1976)]. См. Бонгкрекова кислота.
4-Ацетамидо-4'-изотиоцианостильбен-2,2'-дисульфоновая кислота, Na ₂ -соль (SITS)	 M 498,5	Ингибитор транспорта анионов [JBC 255, 1113 (1980)]; не проникающий через мембрану зонд, реагирующий с аминными, сульфидильными и, по-видимому, имидазольными гр. Удаляется путем промывки альбумином [J. Mem. Biol. 10, 311 (1972); 15, 207 (1974)]. DIDS 4,4'-диизотиоциано-2,2'-стильбендисульфонат.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Бонгкрековая кислота



Раств-сть: р. разб. щел. Предотвращает движение адениннуклеотидов через внутреннюю митохондриальную мембрану, препятствуя освобождению нуклеотидов из белка-носителя (транслоказы) со стороны матрикса. При < 1 нмоль/мг белка ингибирует на 50%. Бонгкрековая кислота *транс*-изомер по расположению двух карбоксильных гр. на одном из концов цепи; изобонгкрековая кислота (*цис*-изомер) проявляет аналогичное действие [Biochem. 15, 2323 (1976)]. См. обзор [BBA 456, 1 (1976)].

 α -Бунгаротоксин

Полипептид из 74 аминокислот [ZPC 353, 243 (1972)]
 M 7983

Нейротоксин из змеиного яда, действующий постсинаптически путем блокады ацетилхолинового рецептора [ARB 42, 253 (1973)]. *Чрезвычайно токсичен!* Работа требует соблюдения особых мер предосторожности. Для мышей ЛД₅₀ (подкожно) 0,15 мг/кг.

 β -Бунгаротоксин

Белок, состоящий из двух субъединиц
 $M = 7000 + 13500 = 20500$

Нейротоксин из змеиного яда. Меняет характер освобождения нейромедиатора из окончаний двигательных нервов *млекопитающих*: ингибирует накопление Ca^{2+} в субклеточных фракциях мозга [BBRC 58, 475 (1974)]. Обладает активностью Ca^{2+} -зависимой фосфолипазы A₂ [PNAS 73, 178 (1976)]. *Чрезвычайно токсичен!* Работа требует соблюдения особых мер предосторожности. Для мышей ЛД₅₀ (подкожно) 89 мкг/кг.

Рутениевый красный

$[(NH_3)_5RuORu(NH_3)_4ORu(NH_3)_5]^+Cl^-$
 M 786,4

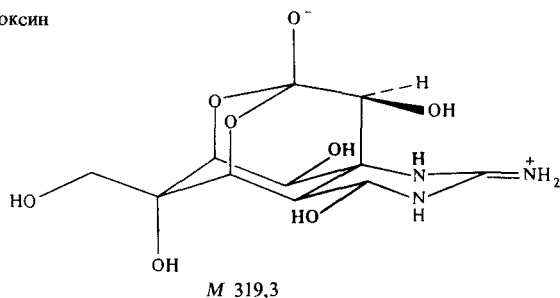
Красный порошок, существует в виде тетрагидрата. Раств-сть: р. H₂O. При 4 нмоль/мг белка ингибирует транспорт Ca^{2+} в митохондрии на 50%. Ингибирование неконкурентное (в отличие от конкурентного ингибирования La^{3+} [Curr. Topics Bioenergetics 6, 259 (1977)]. Реагирует с мукополисахаридами и использ. как краситель [J. Cell Biol. 57, 874 (1973)]. Гексаминкобальтихлорид, который также реа-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

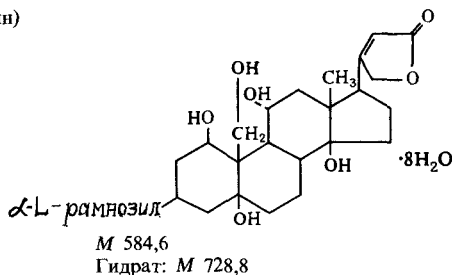
Тетродотоксин



гирует с мукополисахаридами, также специфически ингибирует транспорт Ca^{2+} . Рутениевый красный перед использованием необходимо очищать; склонен окисляться в мягких кисл. усл.; сильно адсорбируется на стекле и кварце, в результате возникает проблема загрязнения при проведении экспериментов.

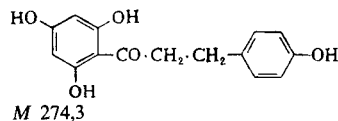
Бесцв. крист. Темнеет при 220 °C (без плавления). $[\alpha]_D^{25} - 8,64$ (в разб. укс. кисл.). pK_a 8,7. Раств-сть: ум.р. H_2O , эф., EtOH; р. разб. укс. кисл. Нейротоксин; при 10^{-9} – 10^{-7} М ингибирует потенциал действия мембран нервных клеток; блокирует ранний кратковременный поток Na^+ , необходимый для первоначальной деполяризации мембраны нервной клетки. Содержится в некоторых видах рыб (напр., иглобрюхие (фугу)) и амфибий (напр., тритоны). У иглобрюхих содержится гл. обр. в печени и яйчниках. Уст. в раств. при pH 4 ÷ 5 и 0 °C. Неуст. в кисл. и щел. раств; быстро разл. при кипячении при pH ≤ 2. Слабое основание превращается в хемилакталь при протонировании. *Чрезвычайно токсичен!* Работа требует соблюдения особых мер предосторожности. Для мышей LD_{50} (в.в.) 8 мг/кг.

Убаин (G-строфантин)



Блестящие пластинки октагидрата. $t_{\text{пл}}$ безводн. 190; гидрата 130. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. Ингибирует транспорт катионов. Классический ингибитор Na^+/K^+ -АТФазы (10^{-6} М).

Флоретин

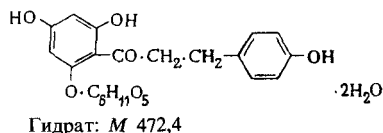


Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}}$ 264 ÷ 271 (разл.). Раств-сть: р. EtOH, ал., укс. кисл.; н.р. H_2O , эф. Ингибирует мышечную фосфорилазу, а также захват глюкозы эритроцитами. Механизм воздействия на эритроциты не совсем ясен.

Соединение (синонимы)

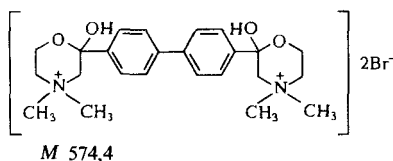
Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

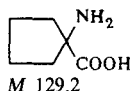
Флоридцин (флоризин, азе-
ботин)

Шелковистые бел. иглы. $t_{пл}$ 108. Твердеет при 138; заново плавится при 170. Раств-сть: х. р. гор. H_2O ; р. $EtOH$; о. п. р. эф. Неконкурентный ингибитор мышечной (но не картофельной) фосфорилазы. Ингибирует фосфатазы и UDPG-глюкогеланс-глюкозилазу. Вызывает глюкозурию путем предотвращения реабсорбции глюкозы в почечных канальцах.

Хемихолинйбромид

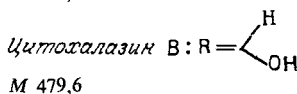
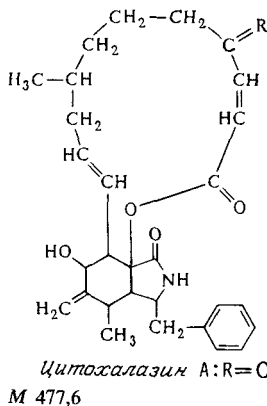


Бел. крист. порошок. Раств-сть: р. H_2O . Парализует дыхание. Блокирует холинэргический транспорт, препятствуя синтезу ACh. Ингибирует захват холина и холинкиназу.

Циклолейцин (1-аминоцикло-
пентанкарбоновая кислота)

Крист. из $EtOH-H_2O$. $t_{пл}$ 330 (разл.). Раств-сть: 5 H_2O . Не подвергающаяся метаболизму синтетическая аминокислота; антагонист валина. Ингибирует транспорт аминокислоты [Can. J. Physiol. Pharm. 53, 1027 (1975)].

Цитохалазин

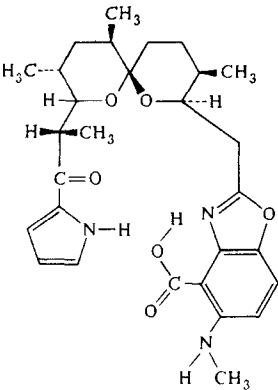


$t_{пл}$ В 218 ÷ 221. Раств-сть: н. р. H_2O ; р. диметилсульфоксид, ац. Ингибирует клеточную подвижность, фагоцитоз и деление цитоплазмы; вызывает вытеснение ядра; при 0,5–3,0 мкг/мл обратимо модифицирует клеточные микрофиламенты; под действием цитохалазина В быстро нарушается пространственное расположение актиновых пучков, не микротрубочек [Cell motility, Pollard T., Rosenbaum J. (eds.), Cold Spring Harbor Lab., 1976, p. 403–418]. Цитохалазин А ингибирует сборку тубулина и актина in vitro и уменьшает связывание колхицина с тубулином путем необратимого воздействия на -SH группы белков [J. Supramol. Struct. 5, 81 (1976)]. При пониженной конц. (10^{-8} – 10^{-6} М) А ингибирует транспорт малых молекул (напр., гексоз и нуклеозидов). При 10^{-6} – 10^{-4} М влияет на подвижность и морфологию. Центры связывания см. [JBC 252, 5464 (1977)]; транспорт глюкозы см. [JBC 252, 5456 (1977)].

ИОНОФОРЫ И РОДСТВЕННЫЕ КАНАЛООБРАЗУЮЩИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Литература.

The use of ionophores and channel formers in the study of the function of biological membranes, *Current Topics in Bioenergetics* **6**, 221 (1977); Biological application of ionophores, *ARB* **45**, 501 (1976).

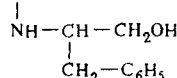
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
А 23187	 Свободная кислота: M 523,6	λ_{max} (EtOH) 378, 278, 225 и 204 нм (ϵ 8200, 18200, 26200 и 28200). pK_a 6,9. Раств-сть: р. EtOH (> 200 мкМ); н. р. H_2O. Ионофор; катализирует обмен протонов на Ca^{2+} и Mg^{2+} (относительное сродство $Ca^{2+}: Mg^{2+} = 2,6:1$); использ. как Ca^{2+}-ионофор; высокая селективность к двухзарядным катионам по сравнению с однозарядными. См. обзор [ARB 45, 501 (1976)]. При 0,3 нмоль/мг белка в присутствии ЭДТА освобождает митохондрии от Ca^{2+} и Mg^{2+} за < 30 с [JBC 247, 6970 (1972)]. Наиболее перспективный из числа двухосновных ионофоров, т. к. обладает тах сродством к физиологическим ионам (см. X537A; проявляет тах сродство к Ba^{2+}).

Аламетицин

Ac-Mea-Pro-Mea-Ala-Mea-Ala-Gln-Mea-Val-Mea-Gly-Leu-Mea-Pro-Val-Mea-Mea-Glu-Gln

(F30)

Mea — 2-метилаланин
 M 1960



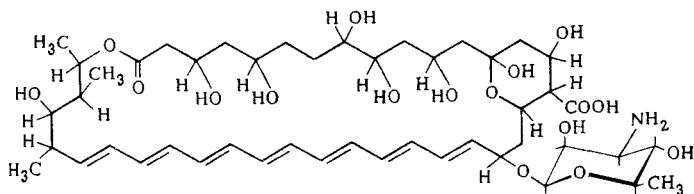
Раств-сть: Na-соль р. H_2O . Каналообразующий антибиотик; катализирует обмен протонов на однозарядные катионы, к которым проявляет близкое сродство ($H^+ > Cs^+ \approx Rb^+ \approx K^+ \approx Na^+ \approx Li^+$). Взаимодействие антибиотика с мембраной является потенциалзависимым. См. обзор [Curr. Topics in Bioenergetics **6**, 221 (1977)]. Ранес считали, что молекула циклическая; аламетицин смесь нескольких компонентов, гл. обр. F₃₀ (85%) и F₅₀ (12%) (последний отличается лишь тем, что концевой остаток Gln COOH α -амидирован). Структуру см. [BJ **153**, 181 (1976)]; механизм см. [Ann. N.Y. Acad. Sci. **264**, 247 (1977)]. Сузукацillin — близкородственный пептид [BBA **433**, 164 (1976)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Амфотерицин В (полиеновый антибиотик; амфотерный полиен)

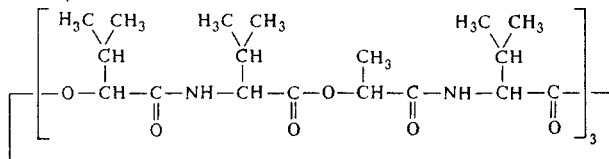


M 924,1

Гидрохлорид Ме-эфира: M 974,6

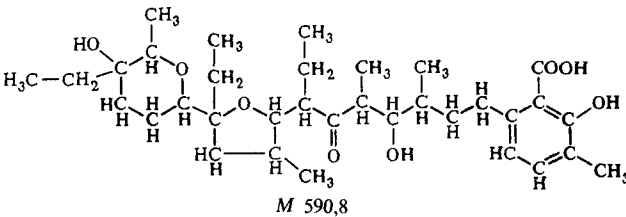
λ_{max} (MeOH) 318,5, 304, 291 и 230 нм ($A_{1\text{см}}^{1\%}$ 800, 870, 580 и 300) (значения зависят от конц., способа приготовления раств., длительности хранения раств. в ДМСО, способа и интенсивности перемешивания водн. раств.). Раств-сть: о. п. р. H_2O (pH 7); м. р. ДМФ ($2 \div 4$ мг/мл), ДМСО ($30 \div 40$ мг/мл); р. H_2O (pH 2 и 11). Ме-эфир-НCl р. H_2O (> 75 мг/мл). Индуцирует с низкой селективностью потерю низкомолекулярных соединений из клеток; по-видимому, образует каналы путем комплексообразования с мембранным холестерином; не действует на митохондрии; лизирует красные кровяные клетки; эффективен при низких конц. (10^{-6} M). Кандидин, нистатин и фунгиохромин обладают аналогичным действием. См. обзор [Adv. Lip. Res. 14, 127 (1976)]. Исходные раств. готовят в ДМСО или ДМФ; можно разбавлять H_2O до 50 100 мкг/мл. Исходные раств. уст. в темн. в отсутствие O_2 . Ме-эфир-НCl обладает полной противогрибковой активностью родительского антибиотика и раств. в H_2O . Обычно доступен аспарат метилового эфира, также растворимый в H_2O . Гидрохлориды эфиров других цвиттерионных полиенов также сохраняют полную активность [J. Antibiotics 25, 256, 259, 261 (1972)]. Не влияет на прокариотические клетки.

Валиномицин



M 1111,4

Крист. Раств-сть: р. CHCl_3 , ац.; о. п. р. H_2O . Нейтр. ионофор; эффективно действует как довольно специфический K^+ -ионофор; ряд селективности $\text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Cs}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ \approx \text{Li}^+$ (уст. комплекса с K^+ в $10^3 \cdot 10^4$ раз выше, чем комплекса с Na^+). При $< 10^{-8}$ M индуцирует K^+ -проводимость в клеточных мембранах. См. обзор [EJB 94, 321 (1979)].

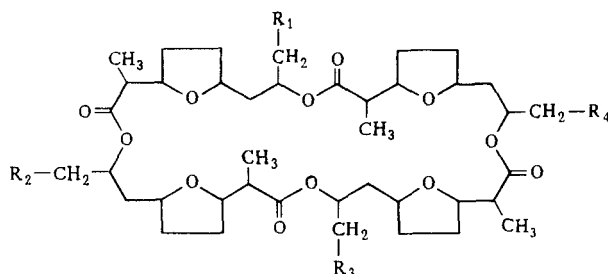
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Грамицидины А, В, С (линейные грамицидины)	$ \begin{array}{c} \text{HCO-L-Val-Gly-L-Ala-D-Leu-L-Ala} \\ \\ \text{D-Val} \\ \\ \text{L-Trp-D-Leu-L-Trp-D-Val-L-Val} \\ \\ \text{D-Leu-L-Trp-D-Leu-L-Trp} \\ \\ \text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH} \end{array} $ грамицидин А <i>M</i> 1884 Грамицидин В: L-Phe-11 Грамицидин С: L-Tyr-11	Каналообразующие антибиотики, делающие мембраны проницаемыми для протонов и катионов щел. металлов; при 0,5-1 мкг/мл подвергают гемолизу красные кровяные тельца; вызывают K^+/H^+-обмен в митохондриях. Не являются потенциал-зависимыми (см. Аламетин): механизм действия и структура, по-видимому, отличаются от грамицидина S (см.). Встречаются в виде смеси А (85%), В и С. См. обзор [EJB 94, 321 (1979)].
Грамицидин S	$ \begin{array}{ccccccc} \text{D-Phe} & \leftarrow & \text{L-Leu} & \leftarrow & \text{L-Orn} & \leftarrow & \text{L-Val} \\ \downarrow & & & & & & \uparrow \\ \text{L-Pro} & & & & & & \text{L-Pro} \\ \downarrow & & & & & & \uparrow \\ \text{L-Val} & \rightarrow & \text{L-Orn} & \rightarrow & \text{L-Leu} & \rightarrow & \text{D-Phe} \end{array} $ <i>M</i> 1141,4 Дигидрохлорид: <i>M</i> 1214,4	Раств-сть: р. EtOH; н.р. H_2O. Разобщает окислительное фосфорилирование в митохондриях, при 0,01 мкМ иа 50%. По структуре и действию сходен с тироцидином (см.), а не с линейными грамицидинами А, В и С (см.).
Лазалоцид А (X 537 А)	 <i>M</i> 590,8	pK_a 5,8. λ_{max} (50%-ный <i>изо</i>-PrOH в H_2O) 248 и 318 нм (ϵ 6750 и 4200). Раств-сть: н.р. H_2O; р. орг. раств-ли. Карбоксильный ионофор с широким спектром комплексобразующего действия. Катализирует обмен двух- или односторонних катионов на протоны. Транспорт в более объемную фазу в конц-зависимом процессе односторонних катионов в 10 раз более эффективен, чем двухзарядных. Переносит катехоламины. См. обзор [ARB 45, 501 (1976); Fed. Proc. 32, 1698 (1973)]. А 23187 (см.) более специфичен к Ca^{2+} и Mg^{2+}.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

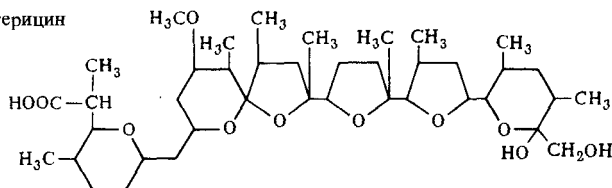
Свойства и другие данные

Макротетралидные ионофоры
(нонактин; монактин; динактин;
тринактин)

Нонактин $R_1 + 4 = H$ M 736,9Монактин $R_1 + 3 = H$; $R_4 = Me$ M 750,9Динактин $R_1 + 2 = H$; $R_3 + 4 = Me$ M 765,0Тринактин $R_1 = H$; $R_2 + 4 = Me$ M 779,0

Раств-сть: р. EtOH; н. р. H_2O . Нейтр. ионофоры селективно переносят K^+ в присутствии равных конц. др. катионов щел. металлов. Ряд селективности $NH_4^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+ > Na^+ > Li^+$. Разобщает окислительное фосфорилирование при 10^{-7} М. См. обзор [ARB 45, 501 (1976); Curr. Topics in Bioenergetics 6, 221 (1977)].

Нигерицин

 M 725,0

pK_a 8,45. Раств-сть: р. EtOH; н. р. H_2O . Карбоксильный ионофор; катализирует обмен K^+ на H^+ . Ряд селективности: $K^+ > Rb^+ > Na^+ > Cs^+ > Li^+$. При 10^{-7} М действует на митохондрии. См. обзор [Curr. Topics in Bioenergetics 6, 221, (1977); Fed. Proc. 32, 1698 (1973)]. Монозин и диаминин – родственные макротетралиды с разомкнутой цепью, различающиеся средством к ионам.

Октапептины

 β -OHMD

D-Dab

L-Dab

L-Dab

D-Leu

L-Leu

L-Leu

L-Dab

L-Dab

октапептин A_1

β -OHMD – 3-гидрокси-8-метилдека-
новая кислота; Dab – 2,4-диамино-
масляная кислота

 M 1024,4

Семейство включает 7 октапептидов, различающихся ацильной группой и остатками 6 и 7. Нарушает нормальную проницаемость мембран для малых молекул. Смесь октапептидов в 3–10 раз более эффективна против грамположительных бактерий, чем полимиксин (см.). См. обзор [ARB 46, 723 (1977)].

Полимиксины (циркулин; ко-
листины)

L-Dab

L-Dab

D-Phe

L-Leu

L-Dab

L-Thr

L-Dab

L-Dab

L-Dab

L-Thr

L-Dab

6 Me-Oct

полимиксин B_1

Dab – 2,4-диаминомасляная кислота

6Me-Oct – 6-метилоктановая кислота

Гидрохлорид ($\cdot 5HCl$): M 1385,8

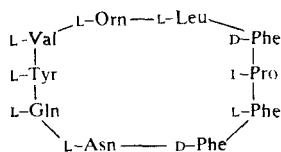
Раств-сть: гидрохлорид х. р. H_2O , MeOH, свободное основание м. р. H_2O ; о. п. р. EtOH; н. р. орг. раств-ли. Семейство включает 7 декапептидов, различающихся по аминокислотному составу, все содержат 5 или 6 остатков Dab; ацильная группа – 6 Me-Oct или 6-Me-гептановая кислота; ингибирует рост микроорганизмов (при 2 мкг/мл рост *E. coli*); грамотрицательные в целом более чувствительны, чем грамположительные. Полимиксины связываются с клеточной

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Тироцидин

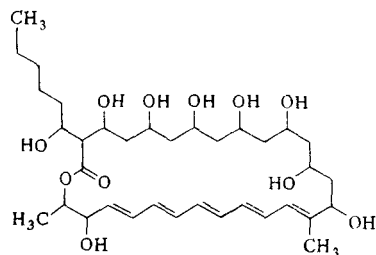


Тироцидин А

M 1270,5

В тироцидине В вместо L-Phe входит L-Trp

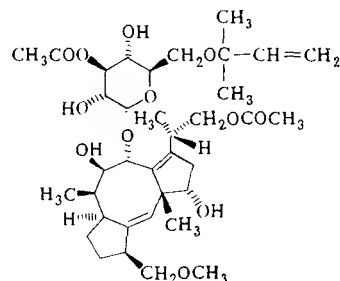
Филипин (нейтральный полиеновый антибиотик)



Филипин III

M 654,8

Фузикоцин



M 680,8

мембраной и нарушают ее нормальную проницаемость для малых молекул. Полимиксин В (сульфат) – смесь В₁ и В₂; известен так же, как аэроспорин. Полимиксины Е₁ и Е₂ известны так же, как колистин А и В. См. также Октапептины. См. обзор [ARB 46, 723 (1977)].

Гидрохлорид тироцидина получают в виде тонких игл из MeOH или EtOH + HCl. $t_{\text{пл}}$ 240 (разл.). Раств-сть: гидрохлорид р. 95%-ный EtOH, лед. укс. кисл., пир.; м. р. H₂O, ал., EtOH; н. р. эф., углеводороды, CHCl₃. Проявляет св-ва ПАВ. Эффективен против грамположительных и грамотрицательных бактерий. «Тироцидин» – семейство основных гомеомерных пептидов (некоторые циклические, сходны между собой и характеризуются наличием орнитина). Были выделены три главных компонента: А, В и С; наиболее изучен А. Нарушает проницаемость клеточных мембран. Грамицидин S наиболее близок по структуре и функции.

λ_{max} (MeOH) 355, 338 и 322 нм ($A_{1\text{см}}^{1\%}$ 1330, 1360 и 910). Раств-сть: х. р. ДМФ; р. 95%-ный EtOH, MeOH; почти н. р. H₂O. Филипины II, III и IV имеют по 8, 9 и 9 ОН-гр. Филипин III изомерен филипину IV. Филипин I – смесь компонентов. Механизм действия, св-ва и литературу см. Амфотерицин В.

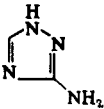
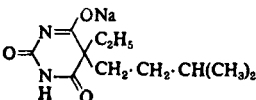
Фитотоксичен. Выделен из *Fusicoccum amygdali* Del. (гриб, вызывающий гниение персиковых и миндальных деревьев). Исполъз. при конц. 10^{-5} – 10^{-7} М. Связывается с мембранами растительных клеток, увел. энергозависимый направленный наружу поток H⁺, направленный внутрь поток K⁺ и потенциал клеточной мембраны. Не влияет ни на пассивный транспорт растворенных в-в, ни на электропроводность (базальную или индуцируемую валиномицином) в искусственных фосфолипидных мембранах [Plant Sci. Lett. 10, 75 (1977)]. См. обзор [Ann. Rev. Plant Physiol. 30, 273 (1979)].

Г. Ингибиторы функций митохондрий и хлоропластов

Литература.

Webb J. L., Enzyme and Metabolic Inhibitors, vol. 1–4, Academic Press, New York, 1963; Hochster R. M., Quastel J. H. (eds.), Metabolic Inhibitors, vol. 1, 2, Academic Press, New York, 1963, vol. 3, 1972, vol. 4, 1973; Hanstein W. G., Uncoupling of oxidative phosphorylation, BBA **456**, 129 (1976); Izawa S., Inhibitors of electron Transport, Ch. 16 in Encyclopedia of plant physiology (N.S.) vol. 5, Photosynthesis I, Trebst A., Avron M. (eds), Springer-Verlag, Berlin, 1977; Izawa S., Good N. E., Inhibition of photosynthetic electron transport and photophosphorylation, Ch. 32 in: Meth. Enzymol. **24**, Photosynthesis and Nitrogen Fixation, Part B, San Pietro (ed.), Academic Press, New York, 1972.

Вещества, ингибирующие электронный транспорт, как следствие ингибируют также окислительное фосфорилирование, фотосинтез и фотофосфорилирование. Некоторые вещества (например, динитрофенол), которые разобщают или ингибируют фосфорилирование или ингибируют стадию выделения кислорода в процессе фотосинтеза, могут не оказывать влияния на электронный транспорт или даже стимулировать его.

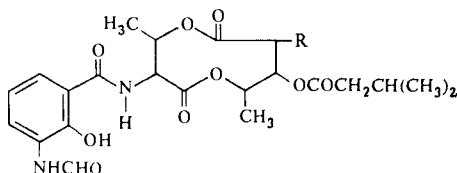
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Азотистоводородная кислота (азид водорода)	HN_3 M 43,0	Бесцв. жидк. pK_a 4,72. Раств-сть: свободная кислота $\infty \text{H}_2\text{O}$; р. EtOH. При 10^{-3} М ингибирует каталазу, Fe-ферменты; при 10^{-4} М разобщает фосфорилирование; ингибирует выделение O_2 при фотосинтезе. Неэффективен при щел. pH. Надо исполз. HCN или H_2S при щелоч. pH.
Na-соль (азид натрия)	NaN_3 M 65,0	Бесцв. крист. Раств-сть: х. р. H_2O ; н. р. эф.
3-Амино-1Н-1,2,4-триазол (амитрол; амизол)	 M 84,1	Бесцв. крист. из EtOH. $t_{\text{пл}}$ 159. Раств-сть: $28^{23} \text{H}_2\text{O}$; р. EtOH, MeOH, CHCl_3 ; н. р. эф., ал. При $2 \cdot 10^{-2}$ М в присутствии H_2O_2 необратимый ингибитор каталазы; не оказывает влияния на пероксидазу. Ингибирует δ -аминолевулинат-синтетазу, р-ции циклизации, приводящие к β -каротину (накапливается δ -каротин). При 10^{-4} М вызывает хлороз, разрушение мембран хлоропластов; блокирует образование белковой 18 S-фракции I и хлоропластной ДНК; блокирует образование 70 S-рибосом. Ингибирует биогенез рибофлавина. Коммерческий препарат исполз. как гербицид и хлопковый дефолиант; обычно содержит примеси, антиингибирующие каталазу.
Амитап, Na-соль (5-этил-5-изоамилбарбитурат натрия; барбамил; амобарбитал)	 M 248,3	Бел. гигр. порошок. Раств-сть: х. р. H_2O ; о. п. р. эф. При 10^{-3} М ингибирует NaDH_2 -окисляющие ферменты и др. флавопротеины, при 10^{-2} М сукцинатдегидрогеназу. Воздействует на те же центры, что и ротенон и пиримидин А (см.), но конц. должна быть значительно выше, чем конц. двух последних. Неспецифичен. См. обзор

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Антимицин

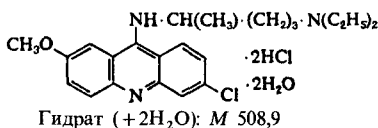
Антимицин A_1 : R — *n*-гексил

M 548,6

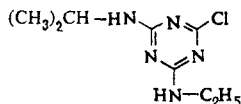
Антимицин A_3 : R — *n*-бутил

M 520,6

Атебрин гидрохлорид (акрихин; атабрин; мепакрин; хиначрин; SN 390)

Гидрат (+ 2H₂O): M 508,9

Атразин (2-хлоро-4-этил-амино-6-изопропиламин-симм-триазин; гезаприм)



M 215,7

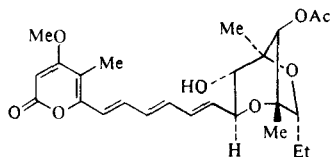
[Adv. Enzymol. **34**, 79 (1971)]. Может также ингибировать р-ции с переносом энергии по месту фосфорилирования NAD-флавопротеинов.

Бесцв. крист. Раств-сть: A_1 х. р. ац., эф., EtOH; почти н.р. H₂O; A_3 х. р. ац., CHCl₃; р. EtOH, MeOH; почти н.р. H₂O. Специфично ингибирует электронный транспорт между цитохромами *b* и *c*, при ~ 0,5 мкМ ингибирует на 50%. Антимицин состоит из 4 компонентов, все имеют почти одинаковую активность.

Желт. иглы. $t_{пл}$ 248 (разл.). pK_a 7,7; 10,3. Раств-сть: гидрохлорид р. H₂O, MeOH, EtOH; н.р. эф., ац.; основание м. р. H₂O. Интеркалирует в ДНК. При 10^{-4} М ингибирует некоторые флавопротеиновые ферменты. При 10^{-3} М разобщает окислительное и фотофосфорилирование. Ингибирует АТФазу. Противомаларийное действие.

Тв. в-во. $t_{пл}$ 171 ± 174 (173–175). Уст. в слабоскисл. или щел. средах. Раств-сть: 0,007²⁵ H₂O; 1,2 эф.; 1,8²⁷ MeOH. Селективный гербицид для борьбы с широколиственными и травянистыми сорняками. Зерно быстро детоксифицируется благодаря образованию конъюгата атразина с глутатионом [Rec. Adv. Phytochem. **5**, 239 (1972)]. Ингибирует фотосинтез (при $5 \cdot 10^{-7}$ М на 50%) на редуцирующей стороне ФСII, в тех же центрах, что и фенилмочевины и 2-*n*-гептил-4-гидроксикинолин-N-оксид, по-видимому, между Q и цитохромом b_{559} . Низкие конц. (1 мкМ) увел. кол-во нитратредуктазы [Phytochem. **17**, 1021 (1978)]. Для крыс ЛД₅₀ (перорально) 3 г/кг. В рецептурах обычно содержится симазин (т. е. 2-хлоро-4,6-бис(этиламин)-симм-триазин (M 201,7); практ. н.р. H₂O (~ $3 \cdot 10^{-5}$ М)). Атразин раств. в ~ 10 раз лучше.

Ауровергин В



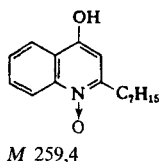
M 460,5

Св.-желт. крист. Раств-сть: р. EtOH; н.р. H₂O. Связывается с митохондриальной АТФазой, предотвращая перенос фосфорильной гр. и, следовательно, окислительное фосфорилирование; эффективен на изолированном ферменте. Не такой сильный митохондриальный ингибитор, как олигомицин (см.) [Biochem. **3**, 1961 (1964); Fed. Proc. **34**,

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

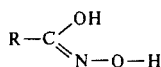
Свойства и другие данные

2-*n*-Гептил-4-гидроксихинолин-N-оксид (HOQNO)

1707 (1975); Adv. Enzymol. **49**, 223 (1979)]. Определение конц. в EtOH-раств. см. [BBA **462**, 422 (1977)] (величины светопогл. при 367,5 нм приведены для $28,5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Структуру см. [JCS Chem. Comm. 874 (1974)]. Аувертин D отличается от аувертина В только тем, что гр. *втор*-ОН заменена на Н.

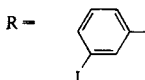
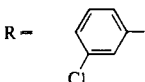
Бел. крист. из EtOH. $t_{пл}$ $158 \div 160$. ϵ_{253} (в 10^{-3} M NaOH) 24000; ϵ_{346} (10^{-3} M NaOH) 9500. Раств.-сть: р. EtOH; о. п. р. H_2O . Исходный раств. готовят в 0,01 М NaOH (50 мкг/мл), а также в H_2O (10^{-5} M , pH 7 и $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, pH 9). При 10^{-5} – 10^{-8} M ингибирует цитохромные системы по цитохрому *b* или вблизи него. В хлоропластах при 10^{-5} M ингибирует электронный транспорт на 50%; по действию аналогичен ДХММ. Активен против некоторых бактериальных систем, не ингибируемых антимизином.

Гидроксамовые кислоты

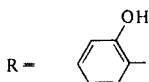


Специфические ингибиторы для CN-независимого пути [Plant Physiol. **47**, 124 (1971)] (50%-ное ингибирование при 0,03 мМ (mCLAM), 0,02 мМ (mIBM), и 0,06 мМ (SHAM) в митохондриях маха); ингибирует также пероксидазу [JBC **248**, 502 (1973)], тирозиназу [Plant Physiol. **59**, 60P (1977)] и липоксигеназу [Plant Physiol. **62**, 470 (1978)].

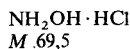
$t_{пл}$ 177 (разл.).

m-Иodobензгидроксамовая кислота (mIBM)*m*-Хлоробензгидроксамовая кислота (mCLAM)

Салицилгидроксамовая кислота (N-2-дигидоксибензамид; SHAM)



Гидроксиламингидрохлорид (хлорид гидроксиаммония)



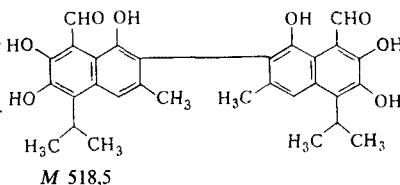
Бесцв. крист. $t_{пл}$ 151. pK_a 6,2. Раств.-сть: х. р. H_2O , EtOH; н. р. эф. Ингибирует каталазу; при 10^{-4} M ингибирует также выделение O_2 в процессе фотосинтеза. Ингибирует также алкогольдегидрогеназу и витамин B_6 -зависимые ферменты. Карбонильный реагент, образующий оксимы.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

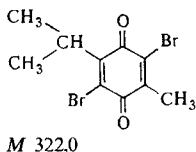
Свойства и другие данные

Госсипол (1,1',6,6',7,7'-гексагидрокси-3,3'-диметил-5,5'-диизопропил(2,2'-динафталин)-8,8'-дикарбоксальдегид; 2,2'-бис(8-формил-1,6,7-тригидрокси-5-изопропил-3-метилнафталин)) ...



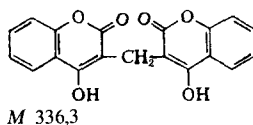
Желт. пигмент. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, эф., CHCl₃; о. п. р. petr. эф.; н. р. H₂O. Легко раств. (с медл. разл.) в разб. водн. раств. NH₃ и Na₂CO₃. Токсичен для нежвачных животных. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 2,6 г/кг. Может быть использован как мужской контрацептив. При 2·10⁻⁵ М нарушает функционирование митохондрий сердца быка на 50%. При 2,5·10⁻⁴ М ингибирует сукциноксидазу (из сои) на 100%, при 7,5·10⁻³ М – сукциндегидрогеназу, при 2·10⁻³ М цитохромоксидазу [Plant Physiol. **41**, 787 (1966); **43**, 1996 (1968)].

2,5-Дибромо-3-метил-6-изопропил-4-бензохинон (дибромотимохинон; ДБМИБ; DBMIB)



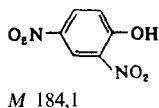
Специфический ингибитор (при 2·10⁻⁷–3·10⁻⁷ М на 50%) окисления пластохинона, блокирующий электронный поток от ФСII к ФСI. Ингибирования восстановления индофенола или ферридинида в ФСII не происходит. Ингибирования циклического фотофосфорилирования через феназинметосульфат не происходит. Ингибирование можно обратить добавлением пластохинона. Ингибирует окисление убихинола; ингибирование может быть обращено добавлением избытка убихинона. Ингибирует окисление сукцината и NADH в митохондриях. Предотвращает восстановление сут. b₅₂₂. Не влияет на сут. c₁, c или a₉₃ [ARB **46**, 439 (1977)].

Дикумарол (бисгидроксикумарин; дикумарин; ди-(4-гидроксикумаринил-3)метан)

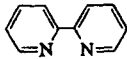
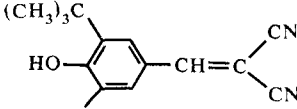
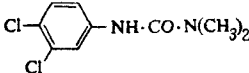
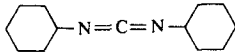


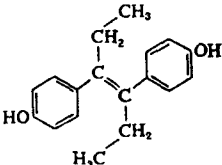
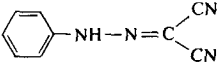
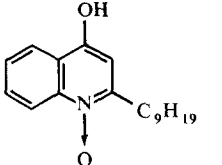
Бел. крист. t_{пл} 287 ÷ 293. Раств-сть: р. шел.; м. р. CHCl₃; н. р. H₂O, EtOH, эф. При 2·10⁻⁵ М разобщает окислительное фосфорилирование; ингибирует синтез целлюлозы путем блокирования переноса олигосахарида от долинхлор-Р-полисахарида к белковому акцептору [FEBS Lett. **86**, 259 (1978)]; ингибирует витамин К-редуктазу. В медицине использ. как антикоагулянт. Действует, конкурентно препятствуя утилизации печенью витамина К при синтезе протромбина. Не влияет на др. функции печени.

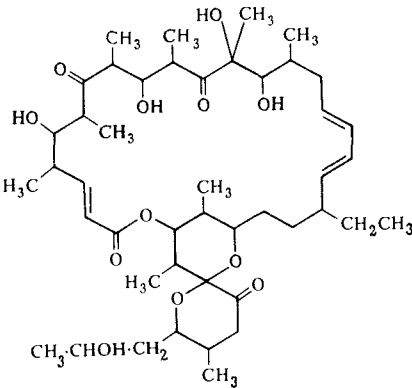
2,4-Динитрофенол

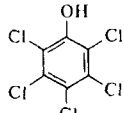
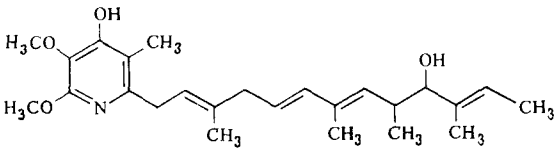
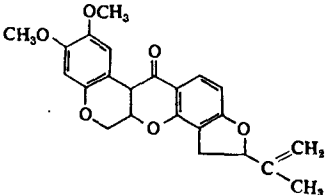


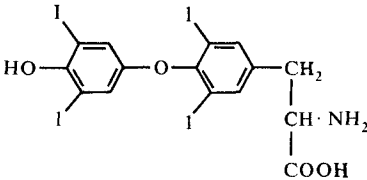
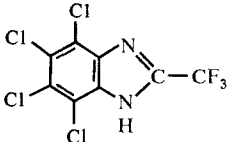
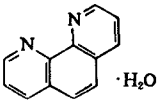
Желт. пластинки t_{пл} 111. pK_a 4,1. Раств-сть р. бенз.; м. р. EtOH, эф.; 0,56¹⁸ H₂O. При 10⁻⁵–10⁻⁴ М разобщает окислительное фосфорилирование, переправляя поток протонов через внутреннюю митохондриальную мембрану; стимулирует митохондриальную АТФазу. При pH 6 даже при 10⁻³ М наблюдается лишь незначи-

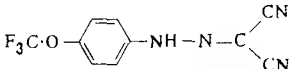
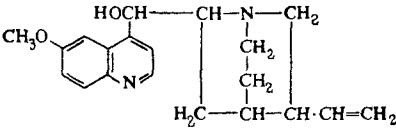
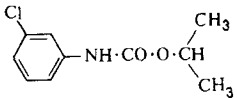
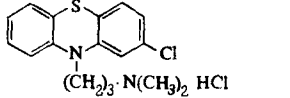
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
α, α' -Дипиридил	 M 156,2	тельное разобщение хлоропластов. Не разобщает фосфорилирование на субстратном уровне. Сравнение 28 фенолов в качестве разобщителей см. [EJB 21, 565 [1971]].
3,5-Ди- <i>tert</i> -бутил-4-гидроксibenзилиденмалонитрил (SF 6847)	 M 282,4	$t_{пл}$ 70. Раств-сть: х. р. EtOH, эф., $CHCl_3$; м. р. H_2O. При 10^{-8} М может ингибировать Fe^{2+}-ферменты. См. также разд. 17, А «Хелатирующие агенты». При 0,03 мкМ ($< 0,2$ молекулы на дыхательную цепь) разобщает [BBA 387, 507 (1975)].
3-(3,4-Дихлорофенил)-1,1-диметилмочевина (ДХММ; DCMU; диурон)	 M 233,1	Бел. крист. $t_{пл}$ $158 \div 159$, $t_{разл}$ $180 \div 190$. Раств-сть: о. п. р. H_2O ($42 \cdot 10^{-4}\%$); о. п. р. углеводороды; 5,3 ад. Мощный и специфический ингибитор р-дии Хилла; при $5 \cdot 10^{-8} - 10^{-7}$ М ингибирует на 50% электронный транспорт в изолированных хлоропластах; для интактных клеток водорослей необходима конц. в 10 раз большая. Ингибирование (полн. обратимое) наиболее ярко выражено при скоростнымитирующих (низких) интенсивностях света. Центр ингибирования ассоциирован с электронным акцептором Q. При более высоких конц. ($> 10^{-4}$ М) вторичный эффект – ингибирование FCI-независимого циклического фотофосфорилирования (по-видимому, через разобщение). Многие близкие по структуре соединения, такие, как хлорофенилкарбаматы (см. ХИФК) и ацилхлоранилиды [Plant Physiol. 36, 788 (1961)], – мощные ингибиторы, действующие по тому же центру. Гербицид. Обезвреживается N-деметилированием [Rec. Adv. Phytochem. 5, 225 (1972)].
N,N'-Дициклогексилкарбодиимид (ДЦКД; DCCD)	 M 206,3	$t_{пл}$ $34 \div 35$. Раств-сть: р. EtOH, CH_2Cl_2. Ингибитор связанной с мембраной АТФазы [BBA 233, 521 (1971); 241, 334 (1971)]. Конденсирующий агент, использ. при пептидном синтезе. Реагент для спектрофотометричного определения карбоновых кислот [Anal. Chem. 47, 34 (1975)]. Раздражает слизистые оболочки.

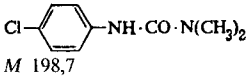
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Диэтилстильбэстрол (<i>транс</i>-4,4'-дигидрокси-α,β-диэтилстильбен; стильбо-эстрол; <i>транс</i>-3,4-ди(<i>n</i>-гидроксифенил)гексен-3; DES)	 M 268,3	Бел. крист. порошок. $t_{пл}$ 169 ÷ 172. Раств-сть: р. разб. водн. щел., ац., эф., $CHCl_3$, растительные масла; н. р. H_2O. Разобщает окислительное фосфорилирование [ABB 117, 573 (1966)]. Ингибирует Na/K-АТФазу [Metabolic Inhibitors, vol. III]. Ингибирует АТФазу плазматической мембраны в растениях [Plant Sci. Lett. 10, 319 (1977)]. Синтетический эстроген. Исполыз. в заместительной терапии. Не накапливается в жировых тканях. Легко абсорбируется в ж. к. т., ~ 20% экскретируется с мочой (в конъюгированном виде).
Карбонилцианидфенилгидразон (фенилгидразонмалонитрил; КЦФ; ССР)	 M 170,1	pK_a 6,55. Раств-сть: р. EtOH, MeOH; ум. р. H_2O ($< 10^{-4}$ M). Разобщает окислительное фосфорилирование (при 0,4 мкм на 50%) и фотофосфорилирование.
Карбонилцианид-<i>m</i>-хлорофенилгидразон (КЦХФ; СССР)	3-Cl-CCP (3-Cl-КЦФ) M 204,6	$t_{пл}$ 175 ÷ 177 (разл.). pK_a 6,0. При 0,06 мкМ разобщает окислительное фосфорилирование (митохондрии) на 50%; при 10^{-6} – 10^{-5} M (макс. эффект) наблюдается разобщение в хлоропластах. Более высокие конц. оказывают сильн. ингибирующее действие на электронный транспорт.
Мышьяковистая кислота (мышьяковистый ангидрид; димышьяктриоксид; арсенолит)	As_2O_3 ($As_2O_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2As(OH)_3$) M 197,8	Бел. порошок. Субл. 193. pK_a 9,22. Раств-сть: р. кисл., щел.; м. р. H_2O (2^{25}, $11,5^{100}$); м. р. EtOH, эф. При 10^{-4} M ингибирует дегидрогеназы, содержащие дитиолы, напр. α-кетоглутаратдегидрогеназу, а также разобщает окислительное фосфорилирование. Для получения реагента арсенит растворяют в щел. Исполыз. для борьбы с сорняками, пестицид.
Na-соль натрия (метаарсенит)	$NaAsO_2$ M 129,9	Бел. гигр. порошок. Раств-сть: р. H_2O; м. р. EtOH. Коммерчески доступная соль; как правило, не пригодна для прямого исполыз. в биохим. экспериментах.
2-<i>n</i>-Нонил-4-гидроксихинолин-N-оксид	 M 287,4	Бел. крист. из EtOH. $t_{пл}$ 148 ÷ 149. Раств-сть: р. EtOH; о. п. H_2O. Исходный раств. 5 мкг/мл готовят в 0,001 M NaOH. Как 2-<i>n</i>-гептил-4-гидроксихинолин-N-оксид, но в 3 · 10 раз более активный. В хлоропластах при 10^{-6} M ингибирует электронный транспорт на 50%. Коммерчески доступен; менее раств., чем 2-<i>n</i>-гептил-4-гидроксихинолин-N-оксид (различия в 10 раз).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Оксид углерода (монооксид углерода)	CO M 28,0	Бесцв. газ. $t_{кип} -190$. Раств-сть: р. бенз., раств. Cu_2Cl_2 ; м. р. H_2O ($\alpha \approx 0,02$ при $20^\circ C$). Ингибирует широкий набор металлоферментов, включая гидрогеназу и гемоглобины (при низких конц.) и цитохромоксидазу (при концентрации 50 - 95% в газовой фазе). СО-ингибирование, обратимое под действием света, характерно для цитохромоксидазы и др. гемсодержащих белков. Карбонилы Cu^+ и др. металлов не чувствительны к свету. <i>Осторожно!</i> Монооксид углерода сильно токсичен для многих живых тканей и микроорганизмов.
Олеиновая кислота	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ M 282,5	Бесцв. иглы. $t_{пл} 14$. Раств-сть: ∞ EtOH, эф.; р. бенз.; н. р. H_2O . Разобщает окислительное фосфорилирование. Ингибирует 2,4-динитрофенолстимулируемую АТФазу. Активен при 120 мкмоль/г белка. Действие обращается добавлением сывороточного альбумина. См. также Липиды.
Олигомицин В	 M 805,1	λ_{max} (EtOH) 225 нм ($\epsilon \sim 20000$). Раств-сть: 0,002 H_2O ; р. EtOH. Ингибирует митохондриальную АТФазу (F_1), препятствуя переносу фосфорильной гр.; ингибирует только связанную с мембраной, а не изолированную форму. При ≤ 1 мкг/мг белка ингибирует на 50%. Ингибирует Na^+/K^+ -АТФазу [JBC 243 , 1993 (1968)]. См. обзор [Fed. Proc. 34 , 1707 (1975)]. Рутамицин -26-деметил-28-дезоксиолигомицин В.
Ортомышьяковой кислоты Na-соль (арсенат натрия)	$Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$ Гидрат: M 312,0	Бесцв. монокл. крист. $t_{пл} 120 \div 130$. pK_a 2,25; 6,77; 11,53. Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH. При 10^{-2} M разобщает окислительное фосфорилирование на субстратном уровне; разобщение возрастает с увел. времени действия и не является полным. Вместо фосфорилиза происходит арсенилиз.

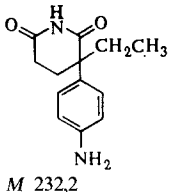
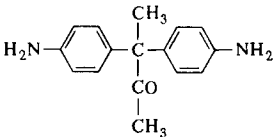
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Пентахлорофенол	 M 266,4	Иглоподобные крист. $t_{пл}$ 190 ÷ 191. pK_a 4,89. Раств-сть: 0,008 H_2O; р. $EtOH$, эф.; м. р. хол. петр. эф. Действует при концентрации ~ 2 мкМ и рН 6 [EJB 21, 565 (1971)]. При 10^{-5} М сильный ингибитор электронного транспорта. Для крыс (перорально) ЛД₅₀ 0,2 г/кг. Исполъз. как доурожайный дефолиант, гербицид общего действия.
Пептенилгуанидинсульфат (галегинсульфат; 4-метил-3-бутирилгуанидинсульфат)	$(NH_2)_2C:NCH_2CH=C(CH_3)_2 \cdot H_2SO_4$ M 225,3	Бесцв. крист. Раств-сть: р. $EtOH$; м. р. H_2O. Ингибирует окислительное фосфорилирование по месту, расположенному между NAD и цитохромом <i>b</i>. Ингибирующее действие родственных алкилгуанидинов увел. с длиной цепи алкильной гр.
Пиридин А	 M 400,6	Раств-сть: р. $EtOH$. Структурный аналог убихинона. Ингибирует окисление митохондриями связанных с NAD субстратов по тому же центру, что и ротенон (см.); при ~ 10 пмоль/мг белка ингибирует на 50%. Инсектицид. Механизм действия см. [JBC 243, 834 (1968)]; см. обзор [Adv. Enzymol. 34, 79 (1971)].
Ротенон	 M 394,4	Бесцв. пластинки. $t_{пл}$ 165. Раств-сть: р. $EtOH$, ал., эф.; почти н. р. H_2O. Ингибирует окисление митохондриями связанных с NAD субстратов по O-центру NADH-дегидрогеназы; при ~ 10 пмоль/мг белка ингибирует на 50%. Инсектицид, выделяемый из корня дерписа. Разл. на свету и под действием возд.; раств. в орг. растворах окисляются с окрашиванием. Действует по тому же центру, что и пиридин А (см.). Механизм действия см. [JBC 243, 834 (1968)]; см. обзор [Adv. Enzymol. 34, 79 (1971)].
Сероводород (дигидрид серы)	H_2S M 34,1	Бесцв. газ. $t_{кип}$ - 62. pK_a 7,04; 14,9. Раств-сть: газ р. CS_2; м. р. H_2O. При 10^{-3} М ингибирует металлоферменты. Некарбонильный реагент. Сульфид поглощается при дыхании некоторыми тканями и микроорганизмами.

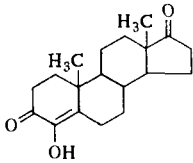
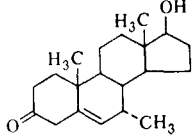
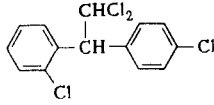
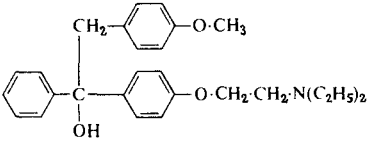
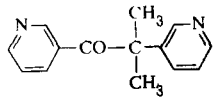
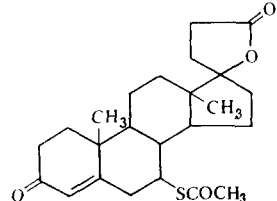
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Na-соль (сульфид натрия)	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ Гидрат; M 240,2	Бесцв. распл. крист. Раств-сть: р. H_2O ; н. р. эф.
Тиоксин	 M 776,9	Бел. иглы. $t_{\text{пл}}$ DL 231 ÷ 233 (разл.); L 235 ÷ 236 (разл.). Раств-сть: р. разб. щел.; н. р. H_2O , EtOH и орг. раств-ли. При $5 \cdot 10^{-5}$ М разобщает митохондриальное окислительное фосфорилирование. Необходима предварительная инкубация с митохондриальными частицами, может влиять на их структуру. См. также разд. «Аминокислоты».
4,5,6,7-Тетрахлоро-2-трифторометилбензимидазол (ТТФБ; ТТФВ)	 M 323,9	pK_a 5,6. При 0,03 мкМ в митохондриях сердца крысы разобщает окислительное фосфорилирование на 100% [BJ 98, 284 (1966)]. Ингибирует хлоропластный электронный транспорт в районе ФСII.
Трибутилоловохлорид	$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3]_3\text{Sn}^+\text{Cl}^-$ M 325,5	$t_{\text{кип}}$ 171 – 173 (25 мм Hg). При 0,8 мкМ разобщает на 50%. Блокирует дыхание в некоторых системах, но обеспечивает максимальный уровень дыхания и разобщения в присутствии NAD^+ . Триалкилсвинец вызывает аналогичные эффекты. В хлоропластах при 10^{-7} М ингибирует фосфорилирующий транспорт электронов. Не влияет на АТФазу.
1,10-Фенантролин (о-фенантролин)	 Гидрат (+ H_2O): M 198,2	Бел. крист. порошок. $t_{\text{пл}}$ гидрата 93 – 94; безводн. 117. pK_a 4,96. Раств-сть: р. EtOH, эф.; м. р. H_2O , бенз. Ингибирует выделение O_2 при фотосинтезе (при 10^{-5} М на 50%), вероятно, путем образования хелатов с Zn или Mn; при 10^{-8} М ингибирует некоторые Fe-ферменты; ингибирует глутаматдегидрогеназу. При 0,5 мМ ингибирует убихинол-цитохром с-редуктазу только на 28%; разобщители не оказывают влияния на ингибирование [ARB 46, 452 (1977)]. См. также разд. 17, А «Хелатирующие агенты».
Фенилуретан (фенилэтилкарбамат; этилкарбанилат)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOOC}_2\text{H}_5$ M 165,2	Бел. крист. $t_{\text{пл}}$ 52 ÷ 53. Раств-сть: р. EtOH, эф.; м. р. H_2O . При 10^{-3} ÷ 10^{-4} М ингибитор выделения O_2 при фотосинтезе; см. ХИФК.

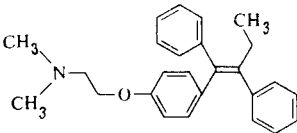
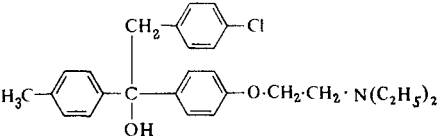
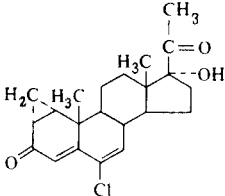
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
ФКЦФ (ФССР; <i>n</i> -трифторо-метоксикарбонилцианид-фенилгидразон)	 M 254,2	$t_{пл}$ 173. pK_a 5,8. Уст. при 4°C. Раств.: в-сть: р. EtOH, MeOH; ум.р.: H ₂ O (< 10 ⁻⁴ М). При 0,04 мкМ разобщает окислительное фосфорилирование на 50%. 1 моль ФКЦФ связывается с центром II и центром III, 14 молей связывается с центром I. Увел. электронную проводимость модельных фосфолипидных мембран. In vitro инактивируется вицинальными аминотиолами (напр., цистеамином или свободным цистеином) и дитиолами (димеркапролом).
Хинин	 M 324,4	Бел. иглы (люминесценция при механич. нагрузках) из EtOH. $t_{пл}$ 177 (разл.). pK_a 4,13; 8,3. Раств-сть: х. р. EtOH; м. р. эф.; о. п. р. H ₂ O; гидрохлорид х. р. H ₂ O. При 10 ⁻³ М ингибирует некоторые флавопротеиновые ферменты. Ингибирует также холинэстеразы. Обладает противомаларийным действием.
ХИФК (СРС; хлоро-ИФК; изопропил-N-(3-хлорофенил)карбамат; хлорпрофам; изопропил-N- <i>m</i> -хлорофенилкарбамат)	 M 213,7	Бел. тв. в-во. $t_{пл}$ 41 + 44 (38-40). $t_{разл}$ 150. Раств-сть: 0,01 ²⁵ H ₂ O; р. эф. Ингибитор фотосинтеза на редуцирующей стороне ФСII; по своему действию аналогичен фенилмочевинам (см.). Митотический яд, действующий подобно колхицину [Plant and Cell Physiol. 8, 613 (1967)]. Исполыз. как ингибитор прорастания картофеля и при более высоких конц. как гербицид. Известны др. фенилуретаны, имеющие такое же исполыз.: ИФК (изопропил-N-фенилкарбамат), барбан (4-хлоро-2-бутирил-N-(3-хлорофенил)карбамат), БХФК (втор-бутил-N-(3-хлорофенил)карбамат). Для крыс (перорально) ЛД ₅₀ ХИФК 5-7,5 г/кг.
Хлорпромазин (ларгактил)	 Гидрохлорид: M 355,3 Свободное основание: M 318,9	Бел. крист. $t_{пл}$ 179 + 180 (разл.). Раств-сть: х. р. H ₂ O; р. MeOH, EtOH; н. р. эф. При 10 ⁻³ -10 ⁻⁴ М разобщает и ингибирует окислительное фосфорилирование [BJ 72, 204; 73, 16 (1959)]. Оказывает седативное действие (см. разд. 14). Взаимодействие фенотиазиновых психотропных средств с кальмодулином см. [Biochem. Pharmacol. 31, 2217 (1982); Roufogalis B. D., Specificity of trifluoperazine and related phenothiazines for calcium binding proteins, in: Calcium and cell function, vol. 3, Cheung W. Y. (ed.), Academic Press, New York (1982)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
3-(<i>n</i> -Хлорофенил)-1,1-диметилмочевина (ХММ; СМУ; монурон; N-(4-хлорофенил)-N',N'-диметилмочевина)	 $\text{Cl}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}\cdot\text{CO}\cdot\text{N}(\text{CH}_3)_2$ M 198,7	Бел. призмы из MeOH. $t_{\text{пл}}$ 171 (176). Раств-сть: 5 ²⁷ EtOH; р. MeOH, ап.: 0,023 ²⁵ H ₂ O. При 10 ⁻⁶ –10 ⁻⁷ M ингибирует стадию выделения O ₂ в процессе фотосинтеза. Гербицид, подавитель цветения сахарного тростника. Для крыс (перорально) ЛД ₅₀ 3,6 г/кг. См. ДХММ.
Циановодород (циановодородная кислота; синильная кислота)	HCN M 27,0	Бесцв. жидк. или газ. $t_{\text{пл}}$ –14. $t_{\text{кип}}$ 26. pK_a 9,14. Раств-сть: ∞ H ₂ O, EtOH; м. р. эф. Ингибирует путем образования комплексов с металлами, входящими в состав металлоферментов (напр., при 10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁵ M цитохромоксидазу), или путем образования циангидринов с карбонильными гр. Контроль металл-ингибирующей активности с помощью азида, СО или сероводорода. Можно вдыхать довольно высокие конц. цианида. Активной формой является недиссоциированная кисл.
К-соль (цианид калия)	KCN M 65,1	Бесцв., распл. крист. Раств-сть: х. р. H ₂ O; р. EtOH.

Д. Ингибиторы синтеза и функции стероидов

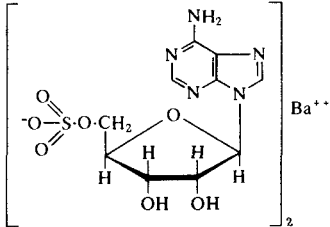
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Аминоглутетимид (2-(<i>n</i> -аминофенил)-2-этил лутаримид)	 M 232,2	Крист. из MeOH или Et-ацетата. $t_{\text{пл}}$ 149 ÷ 150. Раств-сть: гидрохлорид р. H ₂ O. Ингибирует превращение холестерина в прегненолон и др. стероид-гидроксилазные активности (20, 21, 22, 19, 18, 11β). В клинической практике находит ограниченное применение в качестве ингибитора секреции кортикоидов.
Амфенон В (3,3-бис(<i>n</i> -аминофенил)бутанон-2)	 M 254,3	Крист. $t_{\text{пл}}$ 138. Раств-сть: ди-НCl р. H ₂ O, EtOH. Ингибирует р-ции гидроксирования и т. обр. продукцию кортикоидов корой надпочечников. In vivo много побочных р-ций.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
4-Гидроксиандростендион-3,17	 M 302,4	Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. Ингибитор ароматазы. Др. эффективные ингибиторы ароматазы: андростриен-1,4,6-дион-3,17-5α-дигидротестостерон, 7α-п-аминотиофениландроендион, ацетат тестостерона и 4-ацетоксиандростен-4-дион-3,17 [Biology of Reproduction 18, 365 (1978)].
17β-Гидрокси-7α-метиландростен-5-он-3 (RMI 12936)	 M 302,4	Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. Конкурентный ингибитор ен-5-он-3-стероидизомеразной активности [Acta Endocrinol. 88, 157 (1978)]. Др. эффективные ингибиторы: 6-дегидротестостерон, цианокетон и трилостан [Steroids 32, 257 (1978)].
1,1-Дихлор-2-(о-хлорофенил)-2-(п-хлорофенил)этан (о,р'-DDD; митоган)	 M 320,1	Крист. из пентана или MeOH. <i>t</i> _{пл} 76 ÷ 78. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. EtOH, изookтан, CCl ₄ . Ингибитор адренкортикальной функции.
1-[п-(2-Диэтиламиноэтоксифенил)-1-фенил-2-(п-метоксифенил)этанол (MER 25; этамокситрифетол)	 M 419,6	<i>t</i> _{пл} 104 ÷ 106. Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. EtOH, CHCl ₃ . Сильно ингибирует действие стероидных и нестероидных эстрогенов.
Метирапон (метоипрон; 2,3-бис(3-пиридил)-2-метилпропанон-3; SU 4885)	 M 226,3	Крист. из эф. пентан. <i>t</i> _{пл} 50 ÷ 51. Ингибирует 11β-гидроксилирование, осуществляемое in vivo корой надпочечников, и т. обр. изменяет продукцию кортикоидов. Многие побочные действия на др. эндокринные железы.
Спиринолактон (γ-лактон 17-гидрокси-7-ацеттиоокси-21-карбокси-17α-прегнен-4-она-3; альдактон, верошпирон)	 M 416,6	Крист. из MeOH. <i>t</i> _{пл} 134 ÷ 135. λ _{max} 238 нм (lg ε 4,30). Раств-сть: н.р. H ₂ O; р. орг. раств-ли. Конкурентный антагонист действия альдостерона. Широко использ. как К-сохраняющий диуретик и противогипертонический агент.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Тамоксифен (1-(<i>п</i> -β-диметиламиноэтоксифенил)- <i>транс</i> -1,2-дифенилбутен-1, ICI 46474 (цитрат))	 <i>M</i> 371,5	Крист. <i>t</i> _{пл} 96 ÷ 98. Антиэстроген трифеилэтиленового типа. Образует комплекс с эстрогеновым рецептором, который конкурирует за ядерные акцепторные центры [Molec. Cell Endocr. 7, 177 (1977)].
Трипаранол (MER 29; 1-[<i>п</i> -(2-диэтиламиноэтоксифенил)]-1-(<i>п</i> -толил)2-(<i>п</i> -хлорофенил)этанол)	 <i>M</i> 438,0	Крист. <i>t</i> _{пл} 102 ÷ 104. Вызывает блокирование синтеза холестерина <i>in vivo</i> из мевалоната с накоплением десмостерола.
Ципротерон (6-хлоро-17-гидрокси-1α,2α-метилепрегнадиен-4,6-дион-3,20)	 <i>M</i> 374,9	Крист. из Et-ацетата. <i>t</i> _{пл} 237,5 ÷ 240. λ _{max} 281 нм (lg ε 4,24) в MeOH. Ацетат: крист. из диизопропилового эфира; <i>t</i> _{пл} 200 ÷ 201. Мощный антиандроген.

Е. Другие ингибиторы ферментов

В этот раздел включены некоторые аналоги витаминов, механизм действия которых до сих пор неизвестен.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Аденозин-5'-моносульфат, Ва-соль	 <i>M</i> 830,0	Бесцв. крист. Раств-сть: р. H ₂ O. При 10 ⁻³ М ингибирует аминокислотную оксидазу путем конкурирования с остатком аденилата FAD.

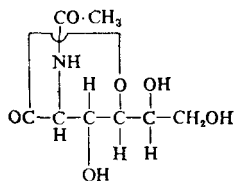
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
2-Амино-2-метилпропанол	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ M 89,1	Крист. (или вязкое масло). $t_{\text{пл}}$ 30. Раств-сть: ∞ H ₂ O; р. EtOH. Антагонист холина у крыс, судя по изменениям в почках. Ингибирует холиноксидазу <i>in vitro</i> .
α -Аминотоксифенилметансульфоновая кислота (1-амино-1-(<i>p</i> -метоксифенил)-метансульфоновая кислота; AMPS)	$\text{CH}_3 \cdot \text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{SO}_3\text{H}$ M 217,2	Ингибирует захват вируса гриппа хо-рооаллантоиновыми клетками.
α -Аминооксисукусная кислота (О-(карбоксиметил)-гидроксиламин)	$\text{H}_2\text{NOCH}_2\text{COOH}$ M 91,1 Гидрохлорид (+ 1/2 HCl): M 109,3	Гидрохлорид: крист. $t_{\text{пл}}$ 156. Общий ингибитор пиридоксальфосфатзависимых ферментов (аминокислотные трансминазы и декарбоксилазы) [BJ 171, 771 (1978)]. При 0,5 мМ ингибирует продуцирование антоцианина у растений [Phytochem. 18, 585 (1979)].
<i>p</i> -Аминосалициловая кислота (PAS)	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ M 153,1	Бел. порошок. $t_{\text{пл}}$ 150. Раств-сть: р. EtOH; м. р. H ₂ O. Антагонист <i>p</i> -аминобензойной кислоты в туберкулезных бактериях. Может замещать ее в некоторых штаммах <i>E. coli</i> . Может включаться в молекулы соединений, подобных фолиевой кисл.
Аминофиллин (дитеофиллинэтилендиамин; соединение 3,7-дигидро-1,3-диметил-1Н-пуридинона-2,6 с 1,2-диаминоэтанолом)	$(\text{Теофиллин})_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)_2$ M 420,4 Дигидрат: M 456,5	Дигидрат: бел. или слабо-желт. гранулы или порошок. Раств-сть: 20 H ₂ O; н. р. EtOH, эф. Метилксантин, ингибирует сАМР-фосфодиэстеразу. См. Теофиллин. Хранить плотно закрытым; постепенно поглощает СО ₂ из возд. и в результате не полн. раств. из-за образования теофиллина. Раств. может мутить при стоянии. Для мышей (перорально) ЛД ₅₀ 0,5 г/кг.
Антабус (тетразилтиурамдисульфид)	$(\text{H}_3\text{C}_2)_2\text{N} \cdot \text{C}(\text{S})_2 \cdot \text{S} \cdot \text{S} \cdot \text{C}(\text{S})_2 \cdot \text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ M 296,5	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}}$ 70. Раств-сть: р. EtOH, СНСl ₃ . Ингибирует окисление ацетальдегида <i>in vivo</i> , вероятно, путем ингибирования глицеральдегиддегидрогеназы. Ингибирует дрожжевую алкогольдегидрогеназу. Исполыз. для лечения алкоголизма.
Ацетазоламид (5-ацетиламино-1,3,4-тиадиазол-2-сульфонамид; диамокс)	$\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{HN} = \text{C}(\text{S}) = \text{N} \cdot \text{SO}_2\text{NH}_2$ M 222,3	Бел. крист. из H ₂ O. $t_{\text{пл}}$ 258 (разл.). рK _a 7,2. λ_{max} 270 нм, ϵ 7900. Раств-сть: м. р. H ₂ O. При 10 ⁻⁸ М неконкурентно ингибирует карбоангидразу. Исполыз. как диуретик.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

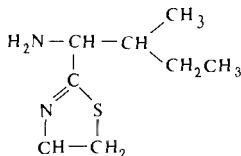
N-Ацетилглюкозаминолак-
тон (2-ацетиламино-2-де-
зоксиглюконолактон)



M 219,2

Бел. порошок. Сильно распл. Раств-сть: р. H_2O . При 10^{-5} М конкурентно ингибирует β -N-ацетилглюкозаминидазу. Альдонолактоны вообще конкурентно ингибируют соответствующие гликозидазы [BJ 65, 389 (1957); 82, 225 (1962)].

Бацитрацин

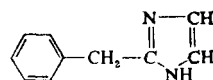


бацитрацин А

M 1422,7

Серо-бел. порошок. Раств-сть: х.р. H_2O , MeOH; р. EtOH; м.р. ац., бенз., эф., н.р. $CHCl_3$. Бацитрацины – семейство циклических полипептидов, среди которых главное место занимает бацитрацин А. Ингибирует синтез клеточных стенок. Похож на пенициллин тем, что вызывает образование протопласта и накопление предшественников клеточной стенки. Ингибирует дефосфорилирование пиррофосфатного производного C_{55} -изопrenoлового спирта [PNAS 57, 767 (1967)]. Отн. уст. в кисл. раств.: неуст. при pH > 9. Была уточнена структура [Adv. Appl. Microbiol. 24, 187 (1978)].

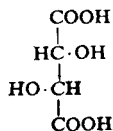
2-Бензилимидазол



M 158,2

Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}}$ 125. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. При 10^{-3} М ингибирует пенициллиназу.

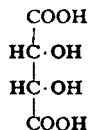
L(+)-Винная кислота (*d*-винная кислота; D(+)-винная кислота) См. [JBC 207, 275 (1954)]



M 150,1

Бесцв. монокл. крист. $t_{\text{пл}}$ 170. Раств-сть: р. H_2O , EtOH; н.р. бенз. При 10^{-3} М ингибирует кислотную фосфатазу (из печени, почек и предстательной железы). D(-)-Изомер неактивен. Фосфатаза из эритроцитов или плазмы не ингибируется, что лежит в основе метода клинической дифференциации.

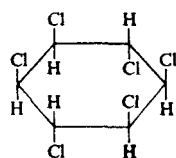
мезо-Винная кислота (изовинная кислота)



M 150,1

Бесцв. пластинки. $t_{\text{пл}}$ 140. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. При 10^{-5} М ингибирует фумаразу.

Гаммексан (линдан; γ -гексахлороциклогексан; гексахлоран; γ -ГХЦГ)



M 290,9

Крист. $t_{\text{пл}}$ 113. Раств-сть: х.р. ац.; м.р. EtOH; н.р. H_2O . По-видимому, антиметаболит инозита в *Neurospora* и растениях. Мощный инсектицид. Коммерческие образцы, выпускавшиеся ранее, содержали смесь изомеров; в настоящее время они содержат до 99% γ -изомера.

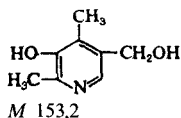
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Гидроксиламин	NH_2OH M 33,0 Гидрохлорид: M 69,5	Бел. ислы или бесцв. жидк. $t_{\text{пл}}$ 33. Раств-сть: р. H_2O , EtOH . При 10^{-5} М ингибирует аминокислотные декарбоксилазы, а также γ -аминобутират- α -оксоглутараттрансаминазу, сериновую и треониную дегидратазы. Ингибирует глюкозооксидазу по неизвестному механизму. Аналогичное ингибирование происходит под действием многих карбонильных реагентов, которые взаимодействуют с пиридоксальфосфатом.
<i>n</i> -Гидроксимеркуриобензойная кислота, Na-соль	$\text{NaOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{HgOH}$ M 360,7	Аморф. бел. порошок или крист. Раств-сть: р. H_2O , щел.; н.р. кисл. Раств. готовят следующим образом: добавляют небольшое кол-во 0,2 М NaOH, разбавляют H_2O и тщательно нейтрализуют до pH 8. В литературе это соединение часто фигурирует под названием <i>n</i> -хлоромеркуриобензоат. <i>n</i> -Хлоромеркуриобензойная кисл. превращается в <i>n</i> -гидроксимеркуриобензоат в усл., при которых получают натриевую соль. При 10^{-5} М ингибитор ферментов. Исполыз. для титрования —SH-гр. в белках. Скорости р-ций максимальны при pH 4,5 ÷ 5,0, хотя можно работать и при pH, близких к нейтр. В некоторых случаях ингибирование может быть обращено этилендиаминтетраацетатом. Осаждается фосфатом при pH 7. Раств-сть возрастает в присутствии пирофосфата, глицилглицина, триса. Увел. поглощения в УФ-свете при 250–5 нм в результате образования меркаптида, что исполыз. в анализе —SH-гр. [JACS 76, 4331 (1954); Meth. Enzymol. 25, 449 (1972)].
δ -Гуанидинвалериановая кислота	$\text{NH}=\text{CH}\cdot\text{NH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$ M 160,2	Крист. $t_{\text{пл}}$ 265. Раств-сть: р. H_2O , EtOH . При 10^{-3} М конкурентно ингибирует карбоксипептидазу В. Аналогичным действием обладают δ -аминовалериановая кислота и ϵ -аминокапроновая кислота, которые также ингибируют плазмин.
Гуанидингидрохлорид (аминоформамидингидрохлорид; хлорид гуанидина)	$\text{HN}=\text{C}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HCl}$ M 95,5 Свободное основание: M 59,1	Распл. крист. pK_a 13,6. Раств-сть: х.р. H_2O , EtOH ; н.р. эф. Раств. свободного основания имеют щел. р-цию; поглощают CO_2 из возд. Раств. гидрохлорида имеют нейтр. р-цию. Исполыз. в виде 6 М раств. для разрушения РНКаз при экстракции РНК; деградация РНК меньше, чем в случае экстракции фенолом (см.). Методика экстракции см. [Meth. Enzymol. 12В, 120 (1968)]. Хорошо связывает водород. Общий белковый денатурант и солибилизирую-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

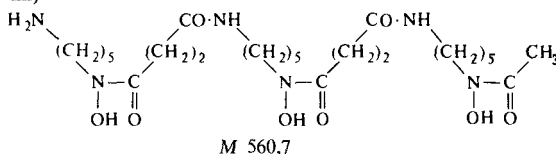
Свойства и другие данные

4-Дезоксипиридоксин (2,4-диметил-3-гидрокси-5-гидроксиметилпиридин)



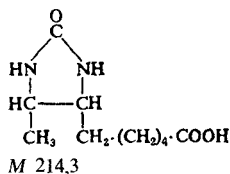
Бел. крист. Раств-сть: р. H_2O ; м.р. EtOH . Антипиридоксин у цыплят. Ингибирует рост многих бактерий, которым необходим пиридоксин. В бактериальных клетках фосфорилируется до ингибитора аминокислотных декарбоксилаз.

Дезферриоксамин В (дефероксамин)



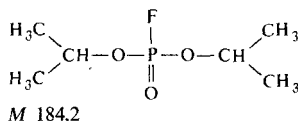
Использ. как ингибитор феррохелатазы; образует очень прочные хелатные комплексы с Fe (для Fe^{3+} $K \sim 10^{30}$). Продуцируется микроорганизмами как молекула переносчик железа. При ~ 500 мкг/мл ингибирует биосинтез гема. Известны др. родственные по структуре соединения [Science 156, 1443 (1967)]. Дезферриоксаминмезилат (метансульфонат): М 656,8; разл. на возд.; более уст. в эксикаторе при 4°C . Использ. свежеприготовленные раств. [ЖС 250, 9215 (1975)].

Дезтиобiotин

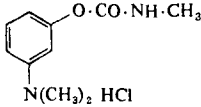
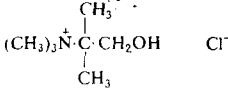
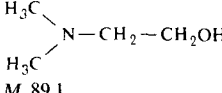
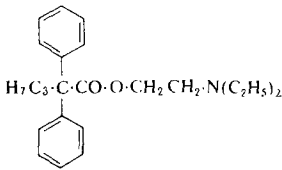
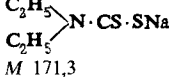
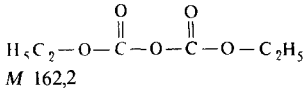


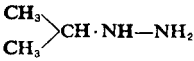
Бел. игл. $t_{\text{пл}}$ DL 165. Раств-сть: р. H_2O . Конкурирует с биотином при утилизации в *L. casei*, но стимулирует рост *Saccharomyces cerevisiae* в среде с дефицитом биотина. Активен только D-изомер.

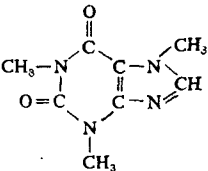
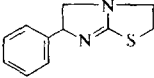
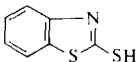
Диизопропилфторофосфат (диизопропилфторофосфонат; ДФФ; DFP)

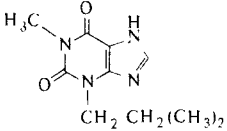
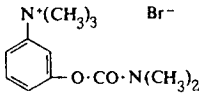
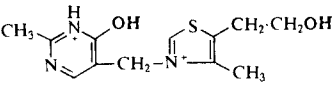
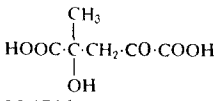


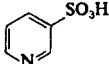
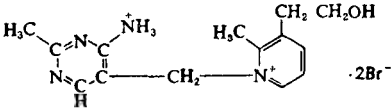
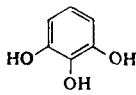
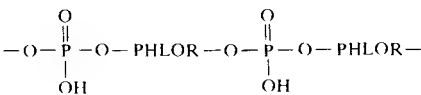
Бесцв. жидк. $t_{\text{пл}}$ 183. Раств-сть: р. орг. раств-ли; $1,54^{25}$ H_2O . Внимание! Чрезвычайно токсичный газ нервно-паралитического действия. Работа требует соблюдения особых мер предосторожности. Может проникать через кожу. Для удаления адсорбированных остатков стеклянную посуду промывают 1 М NaOH в 50%-ном EtOH . Ингибирует сериновые эстеразы путем ковалентного присоединения по сериновому активному центру. При 10^{-7} – 10^{-9} М ингибирует псевдохолинэстеразы, при 10^3 – 10^{-5} М химотрипсин и трипсин (в качестве ингибиторов последних двух ферментов предпочтительнее использ. менее опасные ФМСФ, ГЛХК и ТФХК (см.)) ДФФ обычно хранят в виде исходного раств. в сухом изопропанол (уст. при -10°C несколько мес). Водн. раств. неуст.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
<i>m</i> -Диметиламинофенилметилкарбаматгидрохлорид	 $\text{N(CH}_3)_2 \text{ HCl}$ $M \ 230,7$	Бел. кризмы. $t_{\text{пл}}$ 170. Раств-сть: р. EtOH, ац. При 10^{-6} М ингибирует эстеразу печени.
α, α -Диметилхолинхлорид	 $M \ 167,7$	Крист. Раств-сть: р. EtOH; н.р. эф. Антиметаболит холина у крыс.
Диметилэтаноламин (диметил-2-гидроксиэтиламин; N,N-диметил-2-аминоэтанол)	 $M \ 89,1$	Жидк. $pK_a \ 9,24$, $d_4^{20} \ 0,887$, $t_{\text{кип}}$ 135. Раств-сть: ∞ H ₂ O, EtOH, эф. Аналог холина, включающийся в клеточные фосфолипиды [PNAS 71, 4072 (1974)]. Ингибитор этаноламинфосфокиназы [BBA 276, 143 (1972)].
2-Диэтиламиноэтил-2-дифенилпропиолат (SKF 525-A)	 $M \ 353,5$	Ингибирует метаболизм лекарств в печени, осуществляемый системой цитохрома P ₄₅₀ . Усиливает действие многих лекарств (напр., барбитуратов) in vivo.
Диэтилдитиокарбаминовая кислота, Na-соль (ДИЭКК; DIECA)	 $M \ 171,3$	Раств-сть: р. H ₂ O; м.р. EtOH. При 10^{-3} М необратимо ингибирует Су-ферменты. Ингибирует диаминооксидазу [BJ 59, 609 (1955)]. Может реагировать также с Zn-, Fe- и др. металлоферментами. Неуст. в кисл. раств. См. также разд. 17, А «Хелатирующие агенты».
Диэтилпирокарбонат (ДЭПК; диэтилдикарбонат; ангидрид этокси муравьиной кислоты; DEP)	 $M \ 162,2$	Маслянистая жидк. $t_{\text{кип}}$ 74 ÷ 76 (7 мм Hg). Имеет фруктовый запах. Раств-сть: 0,6 H ₂ O (с разл.); х.р. EtOH, орг. раствор-ли. Разрушает ферменты путем этоксиформилирования белков. Исполъз. для ингибирования нуклеаз при экстракции РНК, но, насколько известно, нарушает биологическую активность мРНК (реагирует с односпиральной РНК). Часто исполъз. для удаления след. кол-в нуклеаз из реагентов перед их исполъз. (добавка 0,1% освобождает раств. от нуклеаз [Biochem. 10, 10, 3014 (1972)]); за ночь ДЭПК разл. на CO ₂ и EtOH; рН может падать. Токсичность низкая, но при работе рекомендуется соблюдать осторожность из-за возможного мутагенного действия. Общий обзор по ДЭПК см. [PNARMB 16, 189 (1976)]. См. также разд. 16, Б.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Изониазид (гидразид изоникотиновой кислоты)	 $\text{M } 137,1$	Бел. крист. $t_{\text{пл}} 170 \div 173$. Раств-сть: х. р. H_2O ; м. р. EtOH , CHCl_3 . Антагонист пиридоксина в некоторых бактериях, но не в микобактериях, так как в последних действие изониазида не обращается пиридоксином. Вызывает у человека неврит; действие может быть обращено пиридоксином. Антибактериальное действие, по-видимому, в результате хелатирования металлов.
Изопропилгидразин	 $\text{M } 74,1$	Бесцв. жидк. Раств-сть: р. H_2O , EtOH . При 10^{-9} М ингибирует диаминооксидазу; не ингибирует моноаминоксидазу.
Имидазол (глиоксалин; 1,3-дiazол; имиnazол)	 $\text{M } 68,1$	Призмы из бенз. $t_{\text{пл}} 90 \div 91$. $\text{pK}_a 7,1$. Раств-сть: р. H_2O , EtOH , эф. CHCl_3 . пир.; м. р. бенз.; о. ум. р. petr. эф. При 10–40 мМ ингибирует сАМР-фосфодиэстеразу (низкие значения K_m), а в некоторых случаях стимулирует сАМР-фосфодиэстеразу (высокие значения K_m) [Diabetes 17, 308 (1968); Adv. Cyclic Nucleotide Res. 7, 249 (1976)]. Хор. буфер в диапазоне рН 6,2 ÷ 7,8.
Иодоацетамид	$\text{ICH}_2\text{CONH}_2$ $\text{M } 185,0$	$t_{\text{пл}} 95$. Раств-сть: р. H_2O . При 10^{-3} М ингибитор ферментов. См. Иодоуксусная кислота.
Иодоуксусная кислота	ICH_2COOH $\text{M } 186,0$	Бесцв. крист. $t_{\text{пл}} 82 \div 83$. $\text{pK}_a 3,13$. Раств-сть: р. H_2O , EtOH ; м. р. эф. Характерная р-ция $\text{R-SH} + \text{R}'\text{X} \rightarrow \text{R-S-R}' + \text{HX}$ существенно необратима и не о. специфична. Обзор методов карбоксиметилирования см. [Meth. Enzymol. 25, 424 (1972)]. Реагирует также с $-\text{NH}_2$ и фенольным $-\text{OH}$, с метионином, лизином и гистидином (рН-зависимая р-ция; медл., чем с $-\text{SH}$). Повышение скорости р-ции при высоких рН (рН 9) указывает на то, что р-ция, по-видимому, протекает с участием гр. RS^- . При 10^{-3} М ингибирует ферменты. Триозофосфатдегидрогеназа «классический» чувствительный к иодоуксусной кисл. фермент. Медл. разл. в раств.; хранить без доступа света. Раств-сть: р. H_2O .
Na-соль	ICH_2COONa $\text{M } 208,0$	

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Ипразид (1-изоникотиноил-2-изопропилгидразин; марсилид)	$\text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}(\text{CH}_3)_2$  M 179,2	Иглы. $t_{\text{пл}}$ 113. Раств-сть: р. H_2O; EtOH. Противотуберкулезная активность, по-видимому не связанная с антипиродоксиновой активностью. Использ. как «психостимулятор» в состоянии депрессии. Ингибирует декарбоксилирование аминокислот in vivo и in vitro, а также аминоксидазы.
Калия селенат	K_2SeO_4 M 221,2	Бесцв. ромб. крист. Раств-сть: р. H_2O. Ингибирует АТФ-сульфурилазу и многие р-ции с участием сульфата.
Кофеин (1,3,7-триметилксантин; теин; метилтеобромин)	 M 194,2; Гидрат: M 212,2	Бел. иглы из EtOH; призмы после сублим. безводн. 237. Сублим. > 178. Раств-сть: р. гор. H_2O, EtOH, ац., CHCl_3, бенз.; м. р. хол. H_2O; ум. р. эф. Ингибирует сАМР-фосфодиэстеразу (см. Теофиллин). Стимулирует ц. н. с. Сузжающий сосуды агент. Легко абсорбируется в ж. к. т., удерживается в крови в течение 6–12 ч. Частично деметилируется и окисл., экскретируется в виде 1-метилмочевой кисл.
Гидрохлорид	$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2 \cdot \text{HCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ M 266,7	
Сульфат	$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ M 292,2	
Левамизолгидрохлорид (L-(-)-2,3,5,6-тетрагидро-6-фенилимидазо-[2,1-b]-тиазол; тетраимизол)	 M 240,8	$t_{\text{пл}}$ 226 ÷ 229 (230 ÷ 233). $[\alpha]^{21}_D - 127,3$ ($c = 0,9$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O, MeOH; ум. р. EtOH. При 10^{-5} М ингибитор щелочной фосфатазы из различных тканей млекопитающих, за исключением кишечника [BVA 289, 158 (1972)]. Противоглистное средство. Для мышей и крыс ЛД₅₀ 22 и 24 мг/кг (в. в.); 84 и 130 мг/кг (подкожно); 210 и 480 мг/кг (перорально).
Левулиновая кислота (4-оксепангановая кислота; 4-кетовалериановая кислота)	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ M 116,1	Пластины или листочки. $t_{\text{пл}}$ 33 ÷ 35. Требуется защиты от света. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, эф.; н. р. алифатические углеводороды. Ингибирует дегидратацию δ-аминолевулиновой кисл. Ингибитор синтеза хлорофилла [BBRC 49, 364 (1972)]. Легко образуется при нагрев. многих углеводов в кисл. раств.
2-Меркаптобензтиазол (MERCAP; 2(3H)-бензтиазолглиол)	 M 167,3	Св.-желт. монокл. иглы. $t_{\text{пл}}$ 180 ÷ 182. Раств-сть: н. р. H_2O; 2²⁵ EtOH; 1²⁵ эф.; 10²⁵ ац.; р. в раств. щел. и карбонатов щелочных металлов. Ингибирует полифенолоксидазу (при 10^{-7} ÷ $2 \cdot 10^{-5}$ М) путем образования хелатных комплексов с Cu [Science 157, 200 (1967)]. Как соединение, содержащее гр. —SH, использ. вместо смеси ЭДТА или ЭГТА с выделением митохондрий [Meth. Enzymol. 31, 592 (1974)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
1-Метил-3-изобутилксантин (MIX)	 M 223,3	$t_{пл}$ 200 ÷ 201. Ингибитор сАМР-фосфодиэстеразы. Липолитическая активность проявляется при конц., приводящих к < 20%-ному ингибированию фосфодиэстеразы; MIX в 19 раз более активен, чем теофиллин (0,05 мМ) [Mol. Pharmacol. 6, 597 (1970); Adv. Cyclic Nucleotide Res. 7, 225 (1976)].
Натрия сульфит	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ M 252,2	Выветр. бесцв. монокл. крист. Раств-сть: р. H_2O ; м. р. EtOH. При $\sim 10^{-4}$ М ингибирует сульфатазы. Главный реагент для расщепления дисульфидных связей белков [Chem. Rev. 59, 583 (1959)].
Натрия фторид	NaF M 42,0	Бел. кубические крист. pK_a 3,2 (для HF). Раств-сть: р. H_2O . Ингибирует многие Mg^{2+} -зависимые ферменты, такие, как ендолаза и кислая фосфатаза. Активирует аденилатциклазу путем изменения Mg^{2+} -зависимости [PNAS 74, 92 (1977); Adv. Cyclic Nucleotide Res. 3, 23 (1973)].
Неостигминбромид (про- стигмин; прозерин)	 M 303,2	Бел. крист. порошок. $t_{пл}$ 168 (разл.). Раств-сть: х. р. хол. H_2O ; р. EtOH. При 10^{-7} – 10^{-8} М ингибирует холинэстеразы мозга, эритроцитов и плазмы. Растворы хранить в защищенном от света месте.
Оксаминовая кислота	 M 89,1	Бесцв. крист. $t_{пл}$ 210. Раств-сть: р. H_2O ; о. п. р. EtOH. При 10^{-5} М ингибирует лактатдегидрогеназу из сердца путем конкурирования с пируватом [JBC 234, 1143 (1959)]. Ранее использов. для ингибирования гликолиза в неопластических клетках.
Окситиаминоклоридгидро- хлорид	 M 338,3	Бел. иглы. $t_{пл}$ 195 (разл.). Раств-сть: р. MeOH; н. р. эф. Антагонист тиамина у цыплят и мышей, действие может быть обращено тиамином. В отличие от пиритиамина фосфорилируется in vivo до ингибитора карбоксилазы.
Парапируват (γ-метил-γ- гидрокси-α-кетоглутаровая кислота)	 M 176,1	Раств-сть: р. H_2O . При 10^{-3} М специфически ингибирует окисление α-оксоглутарата в препаратах тканей. Парапируват существует в равновесии с соответствующим лактоном, причем доля последнего в равновесной смеси составляет 25%.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Пенициллин	Все пенициллины имеют β-лактам-тиазолидиновую структуру $\text{R}-\text{CO}-\text{NH}-\underset{\text{CO}-\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}}{\overset{\text{S}}{\text{CH}-\text{CH}}}-\text{C}(\text{CH}_3)_2$ пенициллин G, бензилпенициллин $\text{R} = \text{PhCH}_2-$ M 334,4 (свободная кислота)	Аморф. бел. порошок. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, эф., ац., этилацетат; ум. р. H_2O; н. р. петр. эф. Блокирует образование клеточной стенки в растущих клетках, что приводит к накоплению UDP-мурамилпептидов и образованию протопластов, легко подвергающихся лизису. Ковалентно связывается с белками в мембране. По-видимому, ключевым моментом является блокирование конечной р-ции транспептидации при переносе мурамилпептида от UDP-носителя к полимеризованным участкам в клеточной стенке. Существуют устойчивые штаммы чувствительных организмов, которые продуцируют индуцибельную пенициллиназу. Свободная кисл. сохраняет свою активность, если хорошо высушена, но быстро инактивируется под действием небольших кол-в H_2O. Крист. из MeOH – Et-ацетат. Раств-сть: х. р. H_2O; м. р. EtOH; практ. н. р. ац., эф., CHCl_3, Et-ацетат.
Na-соль	M 356,4	
Пиразол (1,2-диазол)	 M 68,1	Иглы или призмы из петр. эф. $t_{\text{пл}}$ 70. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, эф., бенз. Ингибитор алкогольдегидрогеназы [Alcoholism: Clin. and Exper. Res. 1, 7 (1977)]. 4-Метильное производное более эффективно.
Пиридин-3-сульфоновая кислота	 M 159,2	Иглы или пластинки. $t_{\text{пл}}$ 357 (разл.). Раств-сть: х. р. H_2O; м. р. EtOH. Антагонист никотинамида в некоторых микроорганизмах и у собак с дефицитом никотиновой кисл. Образует ингибиторный аналог NAD in vivo.
Пиритиамибромидгидробромид (неопиритиамиб)	 M 420,2	Гигр. иглы. $t_{\text{пл}}$ 220. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, CHCl_3. Конкурентный антагонист тиамина у микроорганизмов и высших животных. Получаемый эффект отличается от вызываемого окситамином. Ингибирует фермент, образующий кокарбоксилазу, но, возможно, обладает и др. действием.
Пирогаллол (1,2,3-триоксibenзол; пирогалловая кислота)	 M 126,1	Бел. крист. Темнеют на возд. и на свету. $t_{\text{пл}}$ 131. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, эф. При 10^{-5} M конкурентный ингибитор катехол-О-метилтрансферазы. In vivo усиливает действие адреналина и норадреналина.
Полифлоретинфосфат	 M 15000	Св.-зелен. или коричн. порошок. Раств-сть: р. H_2O. При 0,025 мкг/мл ингибирует щелочную фосфатазу и при 0,1 мкг/мл гиалуронидазу. Др. полифосфаты действуют аналогично.

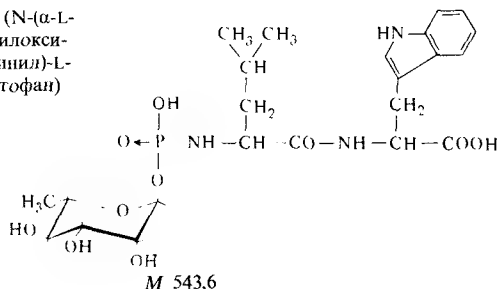
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Протеаз ингибиторы (из микроорганизмов)		
Антилгизин [(S)-1-карбокси-2-фенилэтил]карбамоил-L-аргинил-L-валиларгинин-альдегид)	$\text{HOOC}-\underset{\substack{ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5}}{\text{CH}}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-\underset{\substack{ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}}-\text{CO}-\text{NH}-\underset{\substack{ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3}}{\text{CH}}-\text{CO}-\text{NH}-\underset{\substack{ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}}-\text{CHO}$ <i>M</i> 604,7	Ряд отн. специфичных ингибиторов протеаз, выделенных из культуральных фильтратов. См. обзор [Cold Spring Harbour Symposium (1976) on Proteases p. 429]. Ди-НСl: $t_{\text{пл}}$ 170 ÷ 177. Раств-сть: р. H₂O, MeOH, ДМСО; м.р. EtOH; н.р. эф., CHCl₃. По действию сходен с лейпептинами (см.), но ингибирует плазмин в меньшей степени, а катепсин А в большей степени, чем лейпептины; вызывает 50%-ное ингибирование при следующих конц. (мкг/мл): папаин 0,16, трипсин 0,26, катепсин А 1,19, В 0,59, D 125, плазмин > 93, химотрипсин и пепсин > 250 [J. Antibiotics 25, 263, 267 (1972)].
Лейпептины (N-пропионил(или ацетил)-L-лейцил-L-лейцил-L-аргинин-альдегид)	$\text{R}-\text{Leu}-\text{Leu}-\text{NH}-\underset{\substack{ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2^+ \\ \\ \text{NH}_2}}{\text{CH}}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ R пропионил или ацетил <i>M</i> 426,6 (ацетил)	Раств-сть: гидрохлорид р. H₂O. EtOH, ДМСО; н.р. ац. Лейпептин содержит пропионильное и ацетильное производные в соотношении 3:1. Сильно ингибирует плазмин, трипсин, папаин и катепсин В (50%-ное ингибирование при следующих конц. (мкг/мл): 8,2, 0,5 и 0,44). Химотрипсин, пепсин, катепсины А и D мало чувствительны к лейпептинам (50%-ное ингибирование при следующих конц. (мкг/мл): 8,2, 0,5, и 0,44). Химотрипсин, пепсин, катепсины А и D мало чувствительны к лейпептинам (50%-ное ингибирование при следующих конц.: > 500, > 500, 1680 и 109) [J. Antibiotics 22, 283, 558, (1969); 25, 515 (1972)].
Пепстатин А	R-L-Val-L-Val-АГМГК-L-Ala-АГМГК R изовалериановая кислота; АГМГК 4-амино-3-гидрокси-6-метилгептановая кислота <i>M</i> 685,9	Бесцв. иглы. $t_{\text{пл}}$ 228 ÷ 229. Раств-сть: р. MeOH, EtOH, ДМСО; м.р. H₂O, эф. Сильно ингибирует кислые протеазы. Первый выделенный пепстатин; вызывает 50%-ное ингибирование при следующих конц.: пепсин $1,5 \cdot 10^{-8}$ М, катепсин D $1,5 \cdot 10^{-8}$ М, трипсин, плазмин, химотрипсин, эластаза и термолизин $> 3,6 \cdot 10^{-4}$ М. Ингибирует также ренин ($6,0 \cdot 10^{-6}$ М). 50%-ное ингибирование наблюдается при различных конц. в зависимости от субстрата. Др. выделенные пепстатины различаются R-гр. или аминокислотными остатками; антирениновая активность возрастает с увел. гидрофобности R-гр. [J. Antibiotics 23, 259, 263 (1970); 24, 687 (1971); 25, 689 (1972)].

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

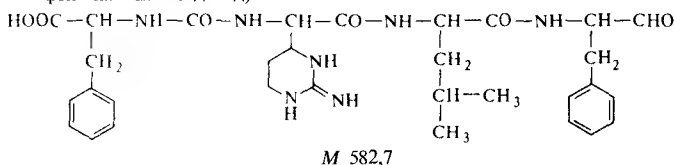
Свойства и другие данные

Фосфоамидон (N-(α -L-рамнопиранозилокси-гидроксифосфинил)-L-лейцил-L-триптофан)



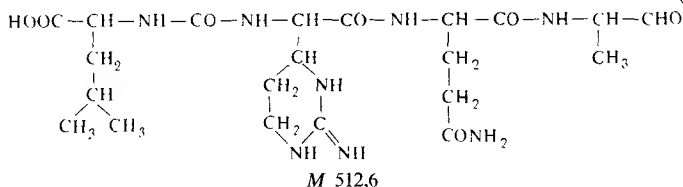
Раств-сть: Na-соль р. H_2O , ДМСО; м. р. EtOH; н. р. эф. Сильно ингибирует термоллизин, слабо коллагеназу (50%-ное ингибирование при 0,4 и 33 мкг/мл) не действует на трипсин, химотрипсин, папаин и пепсин (50%-ное ингибирование при > 250 мкг/мл). [J. Antibiotics 26, 621 (1973); Tetrahedron Letts. 1, 97 (1972)].

Химостатин (N-[[[(S)-1-карбокси-2-фенилэтил]-карбамоил]- α -[2-иминогексагидро-4(S)-пиримидил]-L-глицил-L-лейцил-фенилаланина]альдеид)



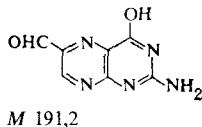
Бел. крист. $t_{пл}$ 205 ÷ 207 (разл.). Раств-сть: р. укс. кисл., ДМСО; м. р. H_2O , EtOH; н. р. эф. Сильно ингибирует химотрипсин, слабо папаин и катепсин, неактивен к трипсину. Вызывает 50%-ное ингибирование при следующих конц. (мкг/мл): химотрипсин 0,15, папаин 7,5, катепсин А 62,5, В 2,6, D 49,0, плазмин и трипсин > 250. [J. Antibiotics 23, 425 (1970); 26, 625 (1973)]. Лейцин в составе молекулы может быть заменен на изолейцин или валин.

Эластатиналь (N-((S)-1-карбоксиизоопентил)-карбамоил- α -(2-иминогексагидро-4(S)-пиримидил)-L-глицил-L-глутаминил-L-аланина]альдегид



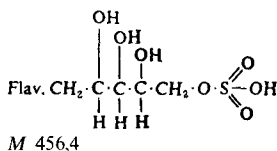
pK_a 3,7, > 11. Раств-сть: р. H_2O . ДМСО, м. р. EtOH, ац.; н. р. эф. Сильный ингибитор эластазы; при 0,29 мкг/мл ингибирует на 50%; при > 250 мкг/мл ингибирует др. протеазы [J. Antibiotics 26, 787 (1973); 28, 337 (1975)]. Неуст. в щел. раств.

6-Птеридилальдегид (2-амино-4-гидрокси-6-формилптеридин)

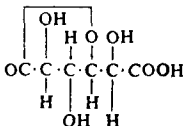
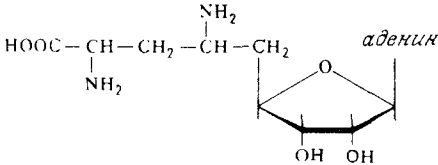
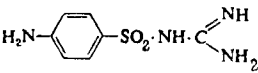
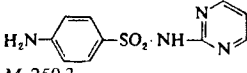
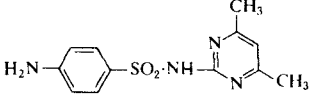
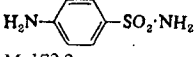
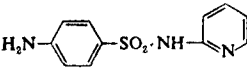
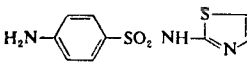


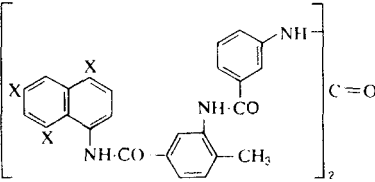
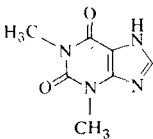
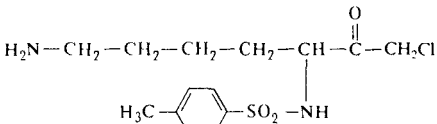
Желт. порошок. При 10^{-9} M ингибирует ксантиноксидазу молока.

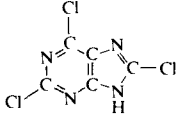
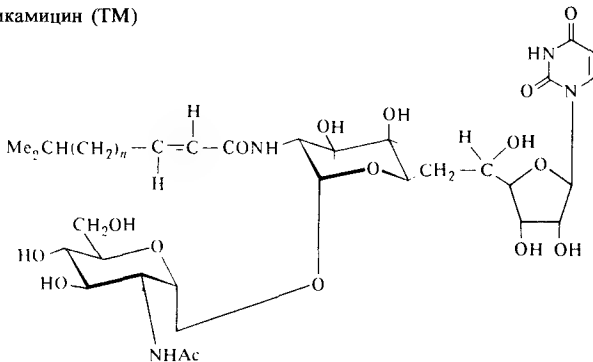
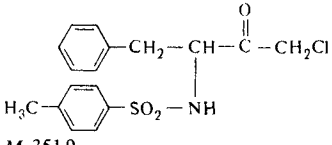
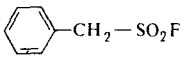
Рибофлавин-5-сульфат

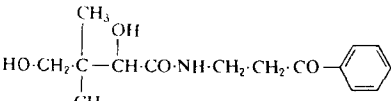
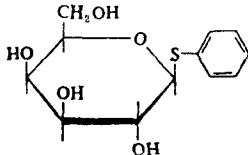
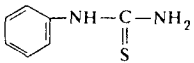
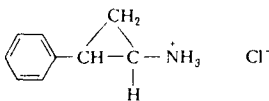
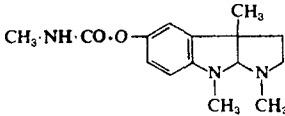
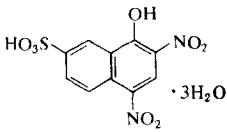


Желт. крист. Раств-сть: р. H_2O . При 10^{-5} M ингибирует аминокислотную оксидазу путем конкурирования за рибофлавиновый остаток FAD. Не предотвращает соединения FMN со «старым желтым ферментом» [Nature, Lond. 180, 922 (1957)].

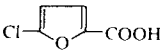
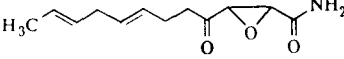
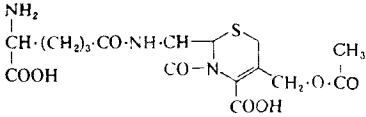
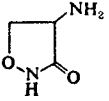
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Сахаролактон (D-глюкоаро-лактоп-1,4)	 $M\ 192,1$	Бесцв. крист. $t_{пл}$ гидрат 90. Раств-сть: р. H_2O , ал. При 10^{-5} М конкурентно ингибирует β -глюкуронидазу. При кипячении раств. кислой калиевой соли в течение 30 мин образуется около 30% лактона. Последний иеуст. при $pH > 6$.
Синефунгин	 $M\ 367,3$	Ингибитор метилтрансферазы. По структуре напоминает S-аденозилгомоцистеин; ингибирует мРНК-7-метилгуанинтрансферазу вирионов возбудителя болезни Ньюкасла и мРНК-нуклеозид-2'-О-метилтрансферазу вирионов осповакцины (K_i 12,0 и 40 нМ). Предотвращает образование $m^7GpppN...$ на 5'-конце молекул мРНК и ингибирует размножение вирусов [JBC 253, 4075 (1978)]. В L-клетках при 10 мкМ скорость размножения вирионов осповакцины ингибируется на 62%. S-Аденозилгомоцистеин (см.) также ингибирует эти процессы, но менее эффективно.
Сульфагуанидин (N^1 -гуанилсульфаниламид)	 $M\ 214,3$	Игл. $t_{пл}$ 190 ÷ 193. Раств-сть: р. гор. H_2O , разб. кисл.; м. р. H_2O , EtOH.
Сульфадiazин (N^1 -2-пиридилсульфаниламид)	 $M\ 250,3$	Бел. крист. $t_{пл}$ 252. Раств-сть: р. разб. кисл. и щел.; м. р. H_2O , EtOH; Na-соль р. H_2O . См. [Northey E. H., The sulphonamides and allied compounds, Am. Chem. Soc. Monograph. Series, 1948]. Все сульфонамиды – антагонисты α -аминобензойной кисл., предотвращают образование фолиевой кисл.
Сульфадимезин (N^1 -(4,6-диметил-2-пиридил)сульфаниламид)	 $M\ 278,3$	Бел. крист. $t_{пл}$ 176. Раств-сть: р. разб. щел.; м. р. H_2O ; Na-соль х. р. H_2O .
Сульфаниламид (n -аминобензолсульфамид)	 $M\ 172,2$	Бел. крист. $t_{пл}$ 165 ÷ 167. Раств-сть: р. разб. кисл. и щел.; м. р. H_2O , EtOH. При 10^{-6} М ингибирует карбоангидразу.
Сульфациридин (N^1 -2-пиридилсульфаниламид)	 $M\ 249,3$	Бел. крист. $t_{пл}$ 191 ÷ 193. Раств-сть: р. разб. кисл. и щел., о. п. р. H_2O ; Na-соль р. H_2O .
Сульфатиазол (N^1 -2-тиазолилсульфаниламид)	 $M\ 255,3$	Бел. крист. $t_{пл}$ 200 ÷ 203. Раств-сть: р. разб. кисл.; Na-соль р. H_2O

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Сурамин (гексанаатрий-сим-м-бис(м-аминобензоил-м-нафтиламино-4,6,8-трисульфонат)карбамид; антрипол; байер 205; германин; фурно 309)	 X = SO₃Na M 1429,2	Бел. или кремовый порошок. Легко р. H₂O; ум. р. 95%-ный EtOH; н. р. бенз., эф., CHCl₃. Ингибирует трипсин, фу-маразу, гиалуронидазу, уреазу, гексокиназу, сукцинатдегидрогеназу, холин-дегидрогеназу, рибонуклеазу, β-галактозидазу и лизоцим; активен против этих ферментов при конц. 10⁻⁴–10⁻⁵ М [BJ 47, 158 (1950)]. Неуст. в раств. Ранее использов. в быстрой методике определения изоэлектрических точек некоторых чувствительных ферментов; методика особ. полезна на ранних стадиях очистки ферментов [BJ 50, 421 (1952)].
Теofilлин (3,7-дигидро-1,3-диметил-1Н-пуридинон-2,6; 1,3-диметилксантин)	 M 180,2	Моногидрат: тонкие моноклинные крист. из H₂O; t_{пл} 270 ÷ 274. Раств. сть: 0,9 H₂O; 1,25 EtOH; р. гор. H₂O, гидроксиды щелочных металлов, разб. кисл.; ум. р. эф. Конкурентно ингибирует сАМР-фосфолистеразу; для очищенного фермента из сердца быка K_i 1·10⁻⁴ М [JBC 237, 1244 (1962)]. При 10 мМ 100%-ное ингибирование. Кофеин менее сильный ингибитор. О др. ингибиторах см. [Adv. Cyclic Nucleotide Res. 3, 65 (1973); 7, 225 (1976); 8, 119 (1977)]. Использов. как диуретик, стимулятор сердечной деятельности; расслабляет гладкие мышцы. Для мышей (перорально) ЛД₅₀ 540 мг/кг.
Тетраэтилпирофосфат (ТЭПФ; ТЕРР)	OP(OC₂H₅)₂OP(OC₂H₅)₂O M 290,2	Бесцв. гигр. масло. Раств. сть: р. EtOH, H₂O. Раств. гидрол. до EtOH и H₃PO₄. При 10⁻⁸–10⁻⁹ М ингибирует холинэстеразу из мозга и плазмы. При 10⁻⁶ М ингибирует растительную ацетилэстеразу. Не действует на трипсин; о. медл. реагирует с химотрипсином; ср. ДФФ.
Тозиллизинхлорометилкетон (ТЛХК; TLCK)	 M 332,9 Гидрохлорид: M 369,3	Раств. сть: м. р. H₂O. Инактивирует трипсин, но не химотрипсин [ср. ТФХК]; действует противоположным образом; стехиометрически реагирует с активным центром. Использов. свежеприготовленные раств.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
D-Треозо-2,4-дифосфат	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H}_2\text{O}_3\text{P}-\text{O}-\text{CH} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{PO}_3\text{H}_2 \end{array}$ M 280,1	Раств-сть: р. H_2O. Неконкурентный ингибитор глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы. Ингибитор без выделения получают окислением соответствующего арабитолфосфата.
2,6,8-Трихлоропурин	 M 223,5	Пластины пентагидрата. $t_{\text{пл}}$ гидрат 187. Раств-сть: м. р. H_2O; о. п. р. EtOH, ац. При 10^{-6} М ингибирует уриказу. Др. трехзамещенные пурины действуют аналогично.
Туникацин (ТМ)	 $(n = 8): M$ 816,9	λ_{max} в MeOH 205 и 260 нм ($A_{\text{см}}^{1\%}$ 230 и 110). Раств-сть: р. MeOH, H_2O, при щел. рН; м. р. EtOH; н. р. ац. Ингибитор бактериальной и эукариотической N-ацетилглюкозаминтрансфераз; предотвращает образование липидного промежуточного производного N-ацетилглюкозамина и препятствует гликозилированию вновь синтезированных гликопротеинов в эукариотических и бактериальных клетках. Ингибирует репликацию VSV в клетках млекопитающих (при 0,5 мкг/мл на 99% [J. Virol. 21, 375 (1977)]. См. обзор [PNARMV 22, 193 (1979)]. Неуст. в кисл., уст. при щел. рН. Существуют 4 различных гомолога, у которых $n = 8, 9, 10$ и 11. Механизм действия см. [Biochem. 18, 2186 (1979)].
ТФХК (ТРСК; тозилфенилаланинхлорометилкетон; L-1-(<i>n</i> -толуолсульфонил)-амидо-2-фенилэтилхлорометилкетон; L-(1-тозил-амидо-2-фенил)этилхлорометилкетон)	 M 351,9	$t_{\text{пл}}$ 102 ÷ 103. Раств-сть: р. MeOH. Специфический ингибитор химотрипсина, но не трипсина (ср. ТЛХК; действует противоположным образом). Алкилирует гистидин активного центра; получение производного с ферментом в 3–5%-ном MeOH или в смеси 10%-ный MeOH–10%-ный DMCO см. [Meth. Enzymol. 25B, 655 (1972)]. Исходные раств. готовят в MeOH.
Фенилметансульфонилфторид (ФМСФ; α -толуолсульфонилфторид; PMSF)	 M 174,2	Крист. $t_{\text{пл}}$ 91 ÷ 92. Раств-сть: м. р. H_2O. Специфический ингибитор химотрипсина и трипсина; сульфонилирует белок только по гистидину активного центра. Водн. раств. гидрол. на 50% за 100 мин при 25°C и рН 7. Исполз. исходные раств., приготовленные в 2-PrOH (7 мг/мл).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Фенилпантотенол	 $M\ 279,3$	Бел. крист. $t_{пл}$ 126. Раств-сть: х.р. EtOH; р. H_2O . Сильный антагонист пантотеновой кисл. во многих микроорганизмах, независимо от пищевых потребностей в этом факторе. Действие фенилпантотенона обратимо в присутствии пантотеновой кисл. только в тех организмах, которые нуждаются в ней как в компоненте диеты. Образование CoA ингибируется этим аналогом и еще более эффективно толилпантотеноном.
Фенил- β -D-тиоигалактозид	 $M\ 272,3$	$t_{пл}$ 112. Раств-сть: р. H_2O . При 10^{-3} M конкурентно ингибирует β -галактозидазу. Не является индуктором β -галактозидазы в <i>E. coli</i> .
Фенилгиомочевина (фенил-тиокарбамид)	 $M\ 152,2$	$t_{пл}$ 154. Раств-сть: 0,25 H_2O ; р. EtOH. Ингибирует тирозиназу [Meth. Enzymol. 17A, 620 (1970)]; может иметь горький вкус или быть безвкусным в зависимости от получения. Для крыс и кроликов (перорально) ЛД ₅₀ 3,40 мг/кг.
2-Фенилциклопропиламин-гидрохлорид (SKF <i>trans</i> -385)	 $M\ 169,7$	Бесцв. иглы. Раств-сть: р. EtOH; н.р. эф. При 10^{-7} M ингибирует аминоксидазу (практически необратимо). Активны и <i>cis</i> - и <i>trans</i> -изомеры. Ни один из них не влияет на диаминооксидазу.
Физостигмин (эзерин)	 $M\ 275,3$ $(C_{15}H_{21}N_3O_2)_2 \cdot H_2SO_4$ $M\ 648,8$	Бесцв. крист. призмы (неуст. форма). $t_{пл}$ 105 (86). pK_a 6,12; 12,24. Раств-сть: р. EtOH, $CHCl_3$, эф.; м.р. H_2O . При 10^{-5} – 10^{-8} M ингибитор холинэстеразы из плазмы и мышц. Хранить в темноте.
сульфат		$t_{пл}$ 145. Раств-сть: х.р. H_2O ; р. EtOH.
Флавиановая кислота (2,4-динитро-1-нафтол-7-сульфоновая кислота)	 $\cdot 3H_2O$ Гидрат: $M\ 368,3$	Желт. иглы. $t_{пл}$ 100. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. При 10^{-3} M ингибирует активную фосфат глутаминазу; не конкурирует с глутамином.
Фтороуксусная кислота	FCH_2COOH $M\ 78,0$	Бел. крист. $t_{пл}$ 33. pK_a 2,66. Раств-сть: р. H_2O , EtOH. In vivo образует фтороцитрат (см. Фторолимонная кислота) под действием ацетил-CoA-синтетазы и цитратсинтетазы.
Na-соль	FCH_2COONa $M\ 100,0$	Бесцв. крист.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Фторолимонная кислота	$ \begin{array}{c} \text{FCH-COOH} \\ \\ \text{HO-C-COOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-COOH} \end{array} $ <i>M</i> 210,1	Безводн.: бесцв. иглы; гидрат.: бесцв. крист. Обе формы о. распл. Раств-сть: р. H_2O, EtOH, эф. При 10^{-5} М ингибирует аконитазу. Различия между природным и синтетическим соединениями, по-видимому, связаны с присутствием различных стереоизомеров. Биологически активный изомер (–)-эритро-фтороцитрат. При 10–100 нМ необратимо ингибирует транспорт цитрата внутрь изолированных митохондрий мозга крысы. Токсический эффект в большей степени связан с влиянием фторолимонной кислоты на транспорт цитрата, чем с ингибированием аконитазы [Mol. Pharmacol. 14, 172 (1978)]. Мишень ингибирования: цитрил-глутатион-тиоэфир-образующая ферментативная система [PNAS 74, 4942 (1977)].
Ва-соль	$[\text{Ba}_3(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7\text{F})_2]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ <i>M</i> 1670,4	
β-Фторощавелевоуксусная кислота (1-фторо-2-оксаянтарная кислота)	HOOC-CO-CHF-COOH <i>M</i> 150,1	Крист. <i>t</i>_{пл} 86. Раств-сть: р. H_2O. При 10^{-3} М конкурентно ингибирует малатдегидрогеназу. Кристаллическая кислот. разл. при стоянии.
ω-Хлороацетофенон (α-хлороацетофенон; ХАФ; фенацилхлорид)	 <i>M</i> 154,6	Крист. <i>t</i>_{пл} 95. <i>t</i>_{кип} 247. Раств-сть: р. EtOH, бенз., эф., монометиловый эфир этиленгликоля; н.р. H_2O. При 10^{-3}–10^{-4} М ингибитор ферментов. Обладает слезоточивым действием.
n-(Хлоромеркурио)фенилсульфокислота (ПХМФС; n-сульфофенилмеркуриохлорид; РСМБС)	 <i>M</i> 393,2	Раств-сть: х.р. H_2O. При 10^{-5} М ингибитор ферментов. Применяется при титровании -SH-гр. в белках [JBC 203, 563 (1953)]. Характерная р-ция ртути-органических соединений $\text{RSH} + \text{R'HgX} \rightarrow \text{R-S-HgR'} + \text{HX}$ обычно протекает с высокой специфичностью при низкой конц., р-ция может быть обращена под действием тиолов (напр., меркаптоэтанол); при высокой конц. могут реагировать с др. белковыми гр. Обладают высоким сродством к гр. —SH и быстро с ней реагируют; пригодны для количественного определения гр. —SH. <i>Замечание.</i> Неорг. соли Hg^{2+} (и др. тяжелых металлов) также использ. в качестве ингибиторов SH-ферментов и для определения гр. —SH. <i>Анионный состав среды может влиять на реакционную способность и специфичность; реакционноспособные частицы могут быть производными, образованными из анионов буфера.</i> См. обзор [Metabolic Inhibitors, vol. 2, pp. 119–144, 1963].

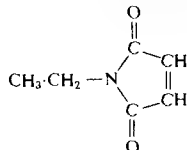
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
5-Хлорофуран-2-карбоновая кислота	 M 146,5	Бел. листочки. $t_{пл}$ 179. Раств-сть: р. EtOH; м.р. H_2O . Ингибирует дегидрогеназу L-глутаминовой кисл.; механизм смешанный конкурентно-неконкурентный.
Церуленин (2,3-эпокси-4-оксододекадиен-7,10-амид)	 M 223,3	Бел. крист. $t_{пл}$ 93-94. Раств-сть: р. EtOH, ац.; м.р. H_2O ; н.р. петр. эф. Ингибирует синтезату жирных кислот (из печени крысы при 4-20 мкг/мл, из <i>E. coli</i> при 4-8 мкг/мл). Ингибирует 3-гидроксиз-3-метилглутарат-CoA-синтезу и предотвращает синтез стерола. Противогрибковый, противобактериальный препарат; при 20 мкг/мл ингибирует рост <i>B. subtilis</i> ; эффект может быть обращен пальмитиновой кислотой. Есть данные об ингибировании пептидазы. См. обзор [Bacteriol. Rev. 40, 681 (1976)]. Уст. в нейтр. и кисл. раств.
Цефалоспориин С	 M 415,4	Крист. в виде Na-соли. Раств-сть: Na-соль легко р. H_2O . Ингибирует синтез клеточной стенки. По действию аналогичен пенициллину, вызывает лизис растущих бактериальных клеток путем ингибирования полимеризации UDP-мурамилпептидов; ~0,1% активности бензилпенициллина против <i>S. aureus</i> . Индуцирует пенициллиназу в <i>S. aureus</i> и <i>B. cereus</i> , но уст. к действию пенициллиназы. Атакует цефалоспоринозой и ацетилэстеразой; обе найдены во многих бактериях. Низкая антибактериальная активность возрастает при химическом замещении аминокислоты в боковой цепи.
Циклосерин (оксамицин; D-4-амино-3-изоксазолидон)	 M 102,1	Крист. $t_{пл}$ 155-156. Раств-сть: р. H_2O ; м.р. MeOH, пропиленгликоль. Ингибирует синтез клеточной стенки как в грамположительных, так и в грамотрицательных организмах. Предотвращает рост бактерий и вызывает лизис путем блокирования превращения L-аланина в D-аланин, необходимый для образования D-аланил-D-аланина; ингибирует также D-аланин: D-аланинлигазу. Ингибирование может быть конкурентно обращено D-аланином. Образует соли с кислотами и основаниями. Нейтр. или кисл. раств. неуст. Водн. раств. (Na_2CO_3 -буфер, pH 10) можно хранить в течение недели при +4°C.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

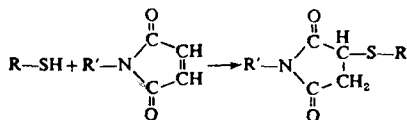
Свойства и другие данные

N-Этилмалеимид (NEM)



M 125,1

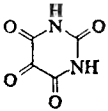
Беспл. крист. Субл. 44. Раств-сть: х. р. H₂O. Уст. при pH 5 (22 ч). Медл. гидрол. до N-этилмалеамата при pH 7; скорость гидрол. увел. при более высоких pH. Надо использ. свежериготовленные раств. Характерная р-ция малеимидакилирующих соединений



практически необратима, при низкой конц. тиола довольно специфична к гр. —SH; протекает с высокой скоростью. Обычно реагируют только наиболее реакционноспособные —SH-гр. белков. Образуется кислотоустойчивый аддукт. Исполз. для кол-венного определения —SH-гр. (по исчезновению макс. при 305 нм) [Meth. Enzymol. 25, 459 (1972)]. Продажные препараты могут содержать примеси, затрудняющие определение —SH-гр.; поэтому желательно синтезировать в лаборатории [PNAS 54, 891 (1965)]. Р-ция между NEM и глутатионом заканчивается за 1 мин при комн. т. и pH 7. Скорость р-ции уменьш. при уменьш. pH. Продукт р-ции NEM + RSH дает интенсивную неуст. красную окраску в щел.: исполз. для проявления хроматограмм. Р-ция NEM с пептид-NH₂, имидазолами протекает замедл. Часто исполз. как ингибитор транспорта и ферментативных процессов. В жидком состоянии вызывает слезотечение.

14. Фармакологически активные соединения

λ — длина волны максимума активации (нм); F — длина волны максимума флуоресценции (нм).

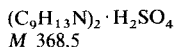
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
Аллилизопропилацетамид (АИА; АИА; 2-изопропилпентен-4-амид)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CHCH}_2- \\ \\ \text{CHCONH}_2 \\ \\ (\text{CH}_3)_2\text{CH} \end{array}$ M 141,2	Раств-сть: м. р. H_2O. Порфириногенный агент; вызывает быструю индукцию синтазы δ-аминолевулиновой к-л. в печени и экскрецию δ-аминолевулиновой к-л. и порфобилиногена. Индуцирует также в изолированных гепатоцитах и культурах клеток печени куриных эмбрионов [JBC 249, 851 (1974)]. Вызывает деструкцию гемовой протестической гр. микросомального цитохрома P_{450} из печени с образованием зеленого пигмента [BBRC 83, 132 (1978)]. Вводится п. к. (для крыс 15 мг/100 г массы тела) и перорально (для крыс 40 мг/100 г массы тела).
Аллоксан (мезоксалин, моче-вина)	 Безводн.: M 142,1 Гидрат: M 160,1	Моногидрат: бесцв. ромб. призмы; выветр. $t_{\text{разл}}$ моногидрат 256. Безводн.: жел. порошок. Раств-сть: р. H_2O, EtOH; м. р. CHCl_3; н. р. эф. Цитотоксичное, вызывающее диабет в-во. При 10^{-3} М ингибирует гексокиназу скелетных мышц; ингибирование может быть обращено цистеином. Ингибирует также сукцинатдегидрогеназу. Вводится в в. и перорально. Абсорбируется перорально, парентерально. Быстро разрушается. Частично восстанавливается до аллоксантина. Клеточный механизм неизвестен. Действие очень быстрое. Действие останавливают SH-соединения, никотиновая к-л. Диабетогенная доза: для собак 50–70 мг/кг (в. в.), для кроликов 200 мг/кг (в. в.), для крыс 50 мг/кг (в. в.). Доза, выше диабетогенной, обратимо нефротоксична. С <i>o</i>-фенилендиамином дает флуоресцирующий продукт.
Амфетамин (бензедрин; 1-фенил-2-аминопропан; ($\pm$) α -метилфенэтиламин; (+)-изомер: дексамфетамин)	 M 135,2	$t_{\text{кри}}$ 200 (разл.). Раств-сть: р. EtOH, эф., к-сл., CHCl_3; м. р. H_2O. Стимулятор ц. н. с., периферический симпатомиметик. Вводится перорально, в. в. Всасывается из ж. к. т. Частично дезаминируется, частично экскретируется в неизмененном виде. Правовращающая форма вдвое активнее рацемата. Более сильный ингибитор аминоксидазы, чем эфедрин. Исполыз. при отравлении барбитуратами.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

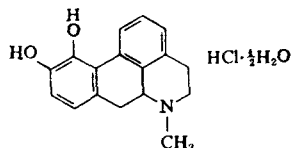
Свойства и другие данные

сульфат



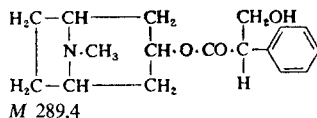
Плавится > 300 (разл.). Раств-сть: р. H_2O ; м. р. $EtOH$; н. р. эф.

Апоморфингидрохлорид


 $M \ 312,8$

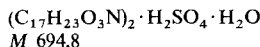
Крист. Разл. на свету и на возд. $t_{пл} \ 170$ (разл.). Раств-сть: м. р. H_2O , HCl , $EtOH$; о. п. р. $CHCl_3$, эф. Действующий на ц. н. с. эметик; угнетает ц. н. с. Вводится п. к., перорально, в. в., в. м. Абсорбируется всеми путями. Эметическая доза для собак 2-10 мг.

Атропин (DL-гиосциамин)



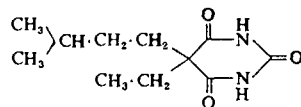
Бесцв. крист. $t_{пл} \ 114 \div 116$. Раств-сть: 0,2 H_2O , 2¹⁰⁰ H_2O ; 33 $EtOH$; 3 бенз.; 1,8 эф.; 50 $CHCl_3$; р. масла, олеиновая кисл., глицерин. Антагонист мускаринового действия ацетилхолина. Возбуждает и угнетает ц. н. с. Вводится в. м., перорально, местно. Быстро всасывается из ж. к. т., слизистой оболочки и в некоторой степени через неповрежденную кожу. Быстро исчезает из крови. В тканях, особ. в печени, гидрол. до трохина и троновой кисл. У человека $\sim 10\%$ экскретируется с мочой. Видовые различия связаны с наличием атропиназы. Черный дрозд и большинство линий кроликов уст. Снижает спонную и желудочную секрецию. Зрачок глаза расширяется, и аккомодация нарушается. Ингибируются потовые железы. У человека достаточно быстро вырабатывается уст. Неуст. к автоклавированию. $t_{пл} \ 191 \div 196$. Раств-сть: 200 H_2O ; 25 $EtOH$; н. р. бенз., $CHCl_3$, эф.

сульфат



Барбитураты, анестезирующие и снотворные средства

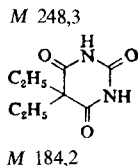
а) Амилобарбитон (амитал; 5-этил-5-изоамилбарбитуровая кислота)



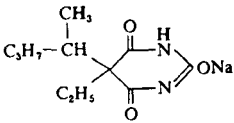
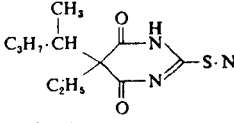
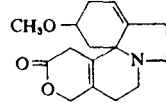
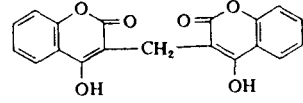
После абсорбции барбитураты распределяются по тканям. Легко проникают через плацентарный барьер. $t_{пл} \ 156 \div 158$. Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. $EtOH$, эф., $CHCl_3$. Флуоресценция: $A \ 265 \text{ nm}$, $F \ 410 \text{ nm}$ (рН 14). Снотворное средней продолжительности действия. Вводится перорально. Разл. в печени.

Na-соль

б) Барбитон (барбитал; веронал; 5,5-диэтилбарбитуровая кислота; 5,5-диэтилмалонилмочевина, Na-соль; растворимый барбитон)



Раств-сть: р. H_2O , $EtOH$; н. р. эф. $t_{пл} \ 189 \div 192$. Раств-сть: 0,84 H_2O ; р. $EtOH$, эф., $CHCl_3$, ал. Снотворное, седативное средство (продолжительного действия). Вводится перорально. Легко абсорбируется. Не связывается с плазменными белками, экскретируется гл. обр. почками. Эффект развивается медл. Часто использ. в виде Na-соли. Фенобарбитон также препарат продолжительного действия.

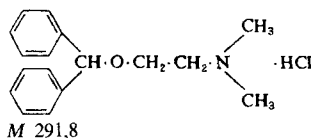
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
Na-соль в) Пентобарбитоннатрий (нембутал; пентобарбитал; Na-соль 5-этил-5-(1-метилбутил)барбитуровой кислоты)	<i>M</i> 206,2  <i>M</i> 248,3	Раств-сть: р. H_2O. Бел. крист. порошок или гранулы. $t_{\text{пл}}$ 128,5 ÷ 130 (свободная кислота). Раств-сть: р. H_2O, EtOH; н. р. эф. Флуоресценция: A 265 нм, F 440 нм (рН 13–14). Снотворное кратковременного действия, использ. как хирургический анестетик для животных (в. б. доза 35–40 мг/кг). Вводится перорально, в. в., в. б. 50% связывается белками плазмы. Разл. в печени. Желт.-бел. гитр. порошок. Луковый запах. Раств. неуст. Раств-сть: р. H_2O, EtOH; н. р. эф., бенз. Флуоресценция: A 315 нм, F 513 нм (рН 13–14). Чрезвычайно кратковременно действующий общий анестетик. Вводится в. в. 75–80% связывается плазматическими белками. Быстро захватывается жировой тканью, разл. в печени. Мгновенное анестезирующее действие.
г) Тиофентоннатрий (пентотал натрия)	 <i>M</i> 264,3	Бел. аморф. порошок; выделяется в виде Na-соли. Раств-сть: р. H_2O; о. ум. р. EtOH, эф., CHCl_3. Можно стерилизовать автоклавированием (110°C, 30 мин). Известны α- и β-формы. Обладает хилолитическими свойствами [α]D +65 (в H_2O). Ингибирует РНАзы. Ингибирует казеинкиназу II; при 21 мг/мл 50%-ное ингибирование [Curr. Top. Cell. Regul. 21, 101 (1982)]. Антикоагулянт. Вводится в. в., в. м., п. к. Разл. в ж. к. т. После в. в. инъекции быстро исчезает из плазмы крови.
Гепарин (Na-соль)	Гетерополисахарид с повторяющимися 4-O-(α-D-глюкуронидо)-D-глюкозамин-N-сульфатными звеньями, связанными α-(1 → 4)-гексозаминидиновыми связями; содержит 1–2 сульфатные группы на дисахаридную единицу. <i>M</i> 16000 ÷ 17000	$t_{\text{пл}}$ 85 ÷ 86 (разл.). Раств-сть: р. CHCl_3, EtOH. Блокирует нейро-мышечные синапсы и ганглии. Ингибирует холинэргическую синаптическую передачу нервных импульсов к клеткам Реншоу. Вводится перорально. Имеет более длительное действие, чем β-эритродин, и в 6 раз более активен.
Дигидро- β -эритродин	 <i>M</i> 275,3	$t_{\text{пл}}$ 242 (разл.). Раств-сть: р. H_2O, EtOH.
гидробромид	<i>M</i> 356,3	Бел. гексагон. призмы. $t_{\text{пл}}$ 287 ÷ 293. Раств-сть: м. р. CHCl_3; ум. р. H_2O, EtOH; р. водн. щел., орг. основания. Антикоагулянт крови. Разобщает фосфорилирование, связанное с окислением бутирата митохондрии печени. При 10^{-5} М ингибирует NADH_2-оксидазную активность в препаратах сердечной мышцы. Вводится перорально. Абсорбируется из ж. к. т. Медл. превращается в интермедиаты. До 99% принятой дозы связывается белками
Дикумарол (дикумарин; бисгидроксикумарин; ди-(4-гидроксикумаринил-3)метан; 3,3'-метиленис(4-гидроксикумарин)	 <i>M</i> 336,3	

Соединение (синонимы)

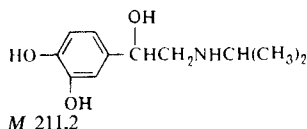
Формула и молекулярная масса

Свойства, действие,
путь введения в организм,
абсорбция и метаболизм

Дифенилгидрамин (бен-
надрилгидрохлорид; 2-
(бензгидрилокси)-N,N-ди-
метилэтиламингидрохло-
рид)



Изопротеренол (изопрена-
лин; N-изопропилнораде-
налин)



Инсулин

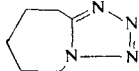
Белок, содержащий 51 аминокислот-
ный остаток. Полную структуру см.
[BJ 60, 541 (1955)]
 $M\ 5734$

плазмы (особ. альбумином). Неболь-
шое кол-во экскретируется с мочой.
Конкурентно препятствует утилизации
витамина К печенью при синтезе про-
тромбина. Не оказывает влияния на
др. функции печени. Витамин К не
влияет на скорость исчезновения ди-
кумарина в плазме. Латентный период
24-96 ч (организм человека).

$t_{1/2}$ 161 ± 162. Раств-сть: р. H_2O , $EtOH$,
 $CHCl_3$; ум. р. эф., бенз. Антигистамин-
ное средство. Вводится перорально.
Легко абсорбируется. Макс. конц. в
тканях достигается через 60 мин после
введения. Конц. в различных органах
меняется: легкие > селезенка > поч-
ки > печень > мозг > мышцы > кожа.
Экскретируется почками частично в не-
измененном виде, остальное в виде
неидентифицированных продуктов де-
градации через 20-24 ч. Исполыз. как
профилактическое защитное средство
при угрозе анафилактического шока
(собаки и морские свинки).

$t_{1/2}$ d_l 155,5; гидрохлорид 170 ± 171.
Раств-сть: р. $EtOH$; d_l HCl р. H_2O ; м. р.
 $EtOH$; н. р. $CHCl_3$, эф., бенз. Разл. в
нейтр. или щел. раств. pK_a 8,64. L-Фор-
ма гидрохлорида: $[\alpha]_D^{25} - 50$. β -Адре-
нергический активатор, симпатомиме-
тик, вызывает расширение бронхов.
Вводится перорально (медл. абсорби-
руется), в. в. и путем ингаляций. Пе-
риод полупревращения препарата при
в. в. введении одна или несколько мин.
экскретируется с мочой в неизменен-
ном или конъюгированном виде, об-
разующиеся в небольших количествах
3-метоксизипренилин и его конъюгат
также экскретируются этим путем. Ак-
тивация β -рецепторов см. [Ann. Rev.
Biochem. 52, 159 (1983); Adv. Cys. Nuc.
Res. 14, 51 (1981)].

Раств-сть: р. H_2O . Вызывает гипогли-
кемию. Вводится в. м., в. в., п. к. Бы-
стро абсорбируется из места инъекции,
выводится из циркуляции и связывает-
ся тканями. По-видимому, разрушает-
ся инсулиназой, присутствующей в
мышцах, печени, почках; не экскрети-
руется. Zn-инсулин крист.: 22 ед./мг.
Быстро разл. протеолитическими фер-
ментами ж. к. т. Неочищенные образцы
обычно содержат примеси глюкогона,
который мобилизует гликоген печени и
увел. уровень сахара в крови.

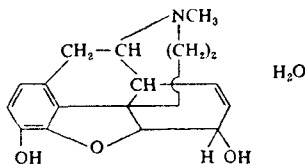
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
Метониевые соединения а) Гексаметоний (гексаметиленбис(триметиламмоний); гексаметонхлорид; бромид: вегализен)	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_3\text{N}^+ - [\text{CH}_2]_6 - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\ \text{Cl}^- \qquad \qquad \qquad \text{Cl}^- \end{array}$ Хлорид: M 273,3	$t_{\text{пл}} 289 \div 292$ (разл.). Раств-сть: р. H_2O, EtOH; н.р. эф., CHCl_3. Ганглиоблокатор. Вводится перорально, п.к., в.м., в.в. Плохо абсорбируется из ж.к.т.; распределяется во внеклеточных жидк.; экскретируется с мочой в неизмененном виде. рН 10%-ного водн. раств. 5,5 6,5. Можно автоклавировать. $t_{\text{пл}} 255 \div 267$ (разл.). Раств-сть: р. H_2O, EtOH; м.р. CHCl_3; н.р. эф. Водн. раств. уст. Блокирует нейро-мышечную передачу. Вводится в.в. Абсорбируется аналогично гексаметонию. Осуществляет блокирование путем деполаризации мембран; не проникает через плацентарный барьер.
б) Декаметоний (декаметиленбис(триметиламмоний); бромид: синкурин)	$\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_3\text{N}^+ - [\text{CH}_2]_{10} - \text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\ \text{Br}^- \qquad \qquad \qquad \text{Br}^- \end{array}$ Бромид: M 418,4	$t_{\text{пл}} 225$. Раств-сть: р. H_2O; м.р. EtOH; н.р. эф. Раств. имеют слабоскл. р-цию, неуст. Блокирует нейро-мышечную передачу, имеет кратковременное действие. Вводится в.в. Быстрый энзиматический гидролиз неспецифической плазменной холинэстеразой; 5 15% экскретируется с мочой. $t_{\text{пл}} 156 \div 163$ (дигидрат).
в) Суксаметонийбромид (сукцинилхолин; бис(2-диметиламиноэтил)сукцинатбис(метобромид); бревидил М)	$\begin{array}{c} \text{Br}^- \quad (\text{CH}_3)_2\text{N}^+ - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} \begin{array}{c} \parallel \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 \\ \text{Br}^- \quad (\text{CH}_3)_2\text{N}^+ - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{C} \begin{array}{c} \parallel \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_2 \end{array}$ Бромид: M 450,2 Хлорид (дигидрат): M 397,3	Бел. крист. $t_{\text{пл}} 57 \div 60$. Раств-сть: х.р. H_2O, EtOH, р. CHCl_3, CCl_4 эф. Стимулятор ц.н.с. Вводится в.в., перорально. Быстро абсорбируется; 75% экскретируется в неизменном виде с мочой. Метаболит временно накапливается в печени. Защищает от токсичных доз депрессантов ц.н.с. Не оказывает прямого действия на сердце.
Метразол (1,5-пентаметилентетразол; пентилентетразол; кардиазол; лептазол; тетракор)	 M 138,2	Бел. крист. $t_{\text{пл}} 109 \div 110$. Раств-сть: х.р. H_2O; р. EtOH. Цитотоксическое, мутагенное действие; останавливает митоз. Вводится в.в. Абсорбируется из ж.к.т. и мест парентерального введения (местная р-ция). Активная форма, чрезвычайно короткоживущая. Не экскретируется. Обладает локальным наривным действием. Летальная доза (усредненная) может вызывать растянутую во времени гибель лабораторных животных. В нейтр. или щел. раств. происходит быстрая циклизация с образованием чрезвычайно активного четвертичного аммонийного производного.
Мехлорэтамингидрохлорид (мустарген; метилбис-(β-хлорэтил)амингидрохлорид)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{N} \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl} \end{array} \cdot \text{HCl}$ M 192,5	

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства, действие,
путь введения в организм,
абсорбция и метаболизм

Морфин



Гидрат: M 303,3
Безводн.: M 285,3

Безводн.: $t_{пл}$ 254 (разл.). Раств-сть: р. щел.; м.р. EtOH, MeOH; ум.р. H_2O , эф., $CHCl_3$. Теряет кристаллизационную H_2O при $110^\circ C$. $[\alpha]_D^{20}$ от -133 до -135 ($c = 1$ в EtOH). Гидрохлорид: $[\alpha]_D^{20}$ от -97 до 99 ($c = 2$ в H_2O). Сульфат: $[\alpha]_D^{25}$ от -107 до -109 ($c = 2$ в H_2O). Действует на ц.н.с., наркотическое и анальгетическое действие; угнетает дыхание. Вводится перорально и в.в. Легко абсорбируется из ж.к.т. Большая часть экскретируется с мочой гл. обр. в виде неизвестной конъюгированной формы. Морфин может быть превращен во флуоресцентное производное обработкой конн. H_2SO_4 с последующим подщелачиванием NH_4OH . Флуоресценция: в изобутаноле A 365 нм, F 420 нм. Развивается привыкание и невосприимчивость. Иногда наблюдается возбуждение ц.н.с. Диацетилморфин известен как героин; метиловый эфир морфина как кодеин.

Гидрохлорид $C_{17}H_{19}NO_3 \cdot HCl \cdot 3H_2O$:
 M 375,8

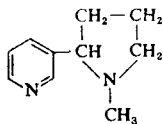
Сульфат $(C_{17}H_{19}NO_2)_2 \cdot H_2SO_4 \cdot 5H_2O$:

M 758,8

$t_{пл}$ 250 (разл.). Раств-сть: р. H_2O ; м.р. EtOH; н.р. эф., $CHCl_3$.

$t_{разл}$ 250. Раств-сть: р. H_2O ; м.р. EtOH; н.р. эф., $CHCl_3$.

Никотин



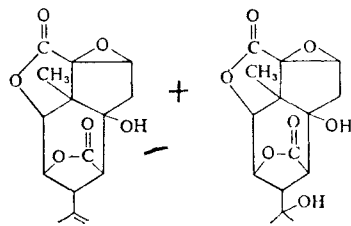
M 162,2

Бесцв. масло. жгучий вкус. $t_{кип}$ 247. Раств-сть: р. H_2O , EtOH, MeOH, $CHCl_3$. Холиномиметик в ганглиях и нейро-мышечных соединениях, стимулятор ц.н.с. Быстро абсорбируется из ж.к.т., слизистыми оболочками и кожей. У человека метаболизируется гл. обр. в печени, почках и легких, но 10-20% экскретируется в неизмененном виде. Вызывает толерантность. Норникотин деметилированный никотин.

Гидрохлорид: $C_{10}H_{14}N_2 \cdot 2HCl$:
 M 235,2

Гигр. крист.

Пикртоксин (коккулин)



пикртоксинин

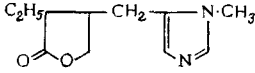
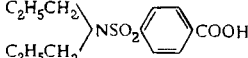
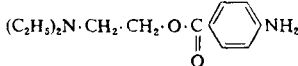
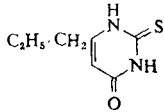
пикротин

Пикртоксинин: M 292,3

Пикротин: M 310,3

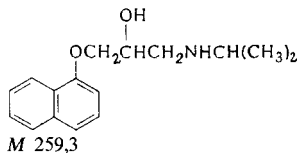
Блестящие ромб. листочки. $t_{пл}$ 203. Придает горький вкус *Anamirta coccinhus*.

Эквимольное соединение пикротина и пикртоксинина. Антидот для барбитуратов. Хранить без доступа света. Раств-сть: 0,3 H_2O ; 8,3 EtOH; х.р. щел.; м.р. $CHCl_3$, эф. Стимулятор ц.н.с., вызывает судороги. Вводится в.в. Абсорбируется всеми путями; быстро выводится из крови. Характер распределения по тканям неизвестен. В моче присутствует только после приема внутрь больших кол-в.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
Пилокарпин	 $M\ 208,3$	Масло. $t_{пл}$ 34. Гидрохлорид: гир. крист. Раств-сть: р. H_2O, $EtOH$, $CHCl_3$; ум. р. эф., бенз.; н. р. петр. эф. Парасимпатомиметик (селективное действие на ткани, иннервированные постганглионарными холинергическими нервами). Вводится перорально, п.к. После абсорбции большая часть экскретируется в конъюгированной форме. Обычно использ. нитрат. Напоминает мускарин и ареколин. Антагонист атропина. Стимулирует желудочную секрецию, оказывает миотическое и диафоретическое действие.
Пробенецид (бенемид; <i>n</i> -(дипропилсульфамид)бензойная кислота)	 $M\ 285,4$	$t_{пл}$ 198 ÷ 200. Раств-сть: н. р. H_2O; р. $CHCl_3$, щел. Ингибитор транспорта в почечных каналах. Вводится перорально. Быстро абсорбируется из ж. к. т. Частично связывается плазм. белками. Экскреция (свободной формы) с мочой низкая. Медл. образует конъюгат с глюкуроновой кисл. Препятствует выведению орг. кисл. (напр., <i>n</i>-аминосалициловой и <i>n</i>-аминобензойной). Ингибирует глициновую конъюгацию, препятствуя образованию бензол-CoA.
Прокаин (этокаин; диэтиламиноэтиловый эфир <i>n</i> -аминобензойной кислоты)	 $M\ 236,3$ Гидрохлорид: $M\ 272,8$	$t_{пл}$ безводн. 61; гидрохлорид 154–156. Раств-сть: р. H_2O, $EtOH$; м. р. $CHCl_3$, эф.; гидрохлорид р. H_2O; 12,5 95%-ный $EtOH$; м. р. $CHCl_3$; н. р. эф. Раств. неуст. и медл. окисл., особ. в присутствии тяжелых металлов и щел. Флуоресценция: $A\ 275\text{ нм}$, $F\ 345\text{ нм}$ (рН 11). Местный анестетик. Вводится инфильтрацией. Легко абсорбируется при парентеральном приеме. Гидрол. до ПАБК и диэтиламиноэтанола холинэстеразой. Исполз. в виде гидрохлорида (иглы). Существует прокаинсульфонамидный антагонизм (мешает определению сульфонида). При концентрациях 0,2–2,0% используют для блокирования передачи нервного импульса. Антагонист кальмодулина [PNAS 78, 795 (1981)].
Пропилтиоурацил (6-пропил-2-тиоурацил)	 $M\ 170,2$	Бел. крист. Горький вкус. $t_{пл}$ 219. Раств-сть: м. р. H_2O, $EtOH$, $CHCl_3$, эф.; н. р. бенз. Стимулирует увел. размеров щитовидной железы. Вводится перорально. Легко абсорбирует из ж. к. т. 60% разрушается, 40% экскретируется через 24 ч. Препятствует синтезу тироксина, триодотиронина. В ответ на секрецию тиреотропного гор-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства, действие,
путь введения в организм,
абсорбция и метаболизмПропранолол (индерал;
пропанолюл; анаприлин)Гидрохлорид: $M\ 295,8$

мона возникает гиперплазия щитовидной железы. Менее токсичен, чем тиаурацил.

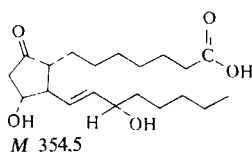
($\pm$): $t_{пл}$ 96. (+) или (–) $t_{пл}$ 73. Раств-сть: м. р. циклогексан; р. EtOH. Нейтр. или щел. водн. раств. разл. с обесцвечиванием. Более уст. при pH 3. β -Адреноблокатор; устраняет индуцированные убаином аритмии. Вводится перорально, в в. Макс. конц. в плазме крови достигается через 1–2 ч. Продукты разл. в значительной степени экскретируются с мочой в течение 24 ч. (–)-Изомер гораздо более активен в блокировании стимуляции β -адренорецепторов.

$t_{пл}$ ($\pm$) 163 164. (+) или (–) 192. Раств-сть: р. H_2O ; EtOH; н. р. эф., бенз., Et-ацетат.

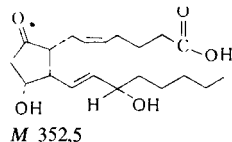
Простагландины

Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. MeOH, EtOH, Et-ацетат, $CHCl_3$. Все оказывают комплексное действие на репродуктивную, дыхательную, сердечно-сосудистую системы, ж. к. т. и мобилизуют свободные жирные кисл. из жировых тканей. Антагонисты гипотензивного и диуретического действия ангиотензина. Вводятся в в. (могут действовать на кровеносные сосуды). Могут абсорбироваться из ж. к. т., при этом могут затрагиваться моторика и секреция последнего. Быстро катаболизируются, особ. в легких. Обычно неуст. в водн. раств. с кисл. или щел. pH. Макс. уст. PGE_1 и PGE_2 при pH 6–7. $PGF_{1\alpha}$ и $PGF_{2\alpha}$ уст. при pH 5–11 при комн. т., но разл. в более кисл. усл. См. обзоры [J. Pharmaceutical Sciences **61**, 1861 (1972); Prog. Chem. Fats and other Lipids **9**, 233 (1968); Meth. Enzymol. **86** (1982); Prostaglandins (ed. J. B. Lee), Elsevier, New York, 1982].

E_1 (11 α -15(S)-дигидрокси-9-оксо-13-*транс*-простеновая кислота; PGE_1)

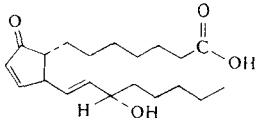
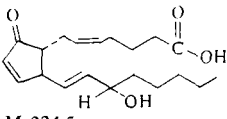
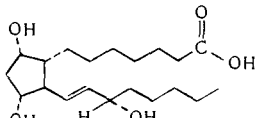
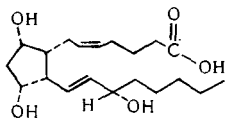
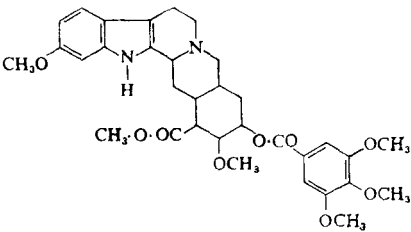
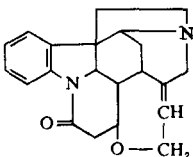


E_2 (11 α -15(S)-дигидрокси-9-оксо-5-*цис*, 13-*транс*-простадиеновая кислота; PGE_2)



$t_{пл}$ 115 ÷ 117. $[α]_{D}^{25} - 61,6$ ($c = 0,56$ в тетрагидрофуране).

$t_{пл}$ 68 ÷ 69. $[α]_{D}^{25} - 61$ ($c = 1$ в тетрагидрофуране).

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
A ₁ (15(S)-гидрокси-9-оксо-10,13- <i>транс</i> -просгadiensовая кислота; PGA ₁)	 M 336,5	$t_{пл} 42 \div 44$.
A ₂ (15(S)-гидрокси-9-оксо-5- <i>цис</i> ,10,13- <i>транс</i> -простатриеновая кислота; PGA ₂)	 M 334,5	
F _{1α} (9α,11α,15(S)-тригидрокси-13- <i>транс</i> -простеновая кислота; PGF _{1α})	 M 356,5	$t_{пл} 102 \div 103$.
F _{2α} (9α,11α,15(S)-тригидрокси-5- <i>цис</i> ,13- <i>транс</i> -просгadiensовая кислота; PGF _{2α})	 M 354,5	$t_{пл} 25 \div 35$. $[\alpha]_D^{25} + 23,5$ ($c = 1$ в тетрагидрофуране).
Резерпин (3,4,5-триметоксибензоилметилрезерпат; серпазил)	 M 608,9	Удлиненные призмы. $t_{пл} 264 \div 265$ (разл.). pK_a 6,6. Раств-сть: р. CHCl ₃ , бенз., лед. укс. кисл.; ум. р. H ₂ O; гидрохлорид р. H ₂ O; H ₂ SO ₄ ; р. H ₂ O. Флуоресценция: λ 300 нм, F 375 нм (рН 1). Гипотензивный транквилизатор. Седативное действие. Вводится перорально, п. к. Абсорбируется из ж. к. т. У мышей экскретируется с мочой в виде триметоксибензойной кислоты. До 15% экскретируется с фекалиями в неизменном виде. Освобождает катехоламины и 5-гидрокситриптамин из тканевых запасов. По-видимому, взаимодействует с рецепторами 4-аминобутирата на поверхности постсинаптических мембран, препятствуя т. обр. накоплению избытка ингибиторного переносчика глицина.
Стрихнин	 Суммарная формула: C ₂₁ H ₂₂ N ₂ O ₂ M 334,4	Бесцв. ромб. крист. с очень горьким вкусом. $t_{пл} 268$ (разл.). Раств-сть: р. CHCl ₃ ; м.р. бенз., EtOH, ум. р. H ₂ O, эф. Подавляет постсинаптическое торможение. Вызывает судороги. Вводится перорально и в.м. Легко абсорбируется из ж.к.т. и мест инъекций. Быстро проникает в ткани, особ. ц.н.с.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства, действие, путь введения в организм, абсорбция и метаболизм
-----------------------	------------------------------	--

Гидрохлорид $C_{21}H_{22}N_2O_2 \cdot HCl \cdot 2H_2O$: M 406,9

Сульфат $(C_{21}H_{22}N_2O_2)_2 \cdot H_2SO_4 \cdot 5H_2O$: M 857,0

Тетраэтиламмонийхлорид
(ТЭА-хлорид; этамонхлорид)

$(C_2H_5)_4N^+Cl^-$
 M 165,7 (безводн.)

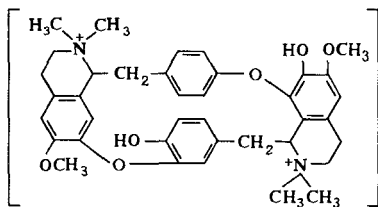
Значительная часть разл. печенью, оставшаяся экскретируется в неизменном виде.

Крист., выветриваются. Раств-сть: р. H_2O ; м.р. $CHCl_3$, $EtOH$: н.р. эф.

Крист., выветриваются. Безводн. $t_{разл}$ 200. Раств-сть: р. H_2O ; м.р. $CHCl_3$, $EtOH$; н.р. эф.

Распл. крист. $+4H_2O$ призм. $t_{пл}$ 37,5. Раств-сть: х.р. H_2O , $EtOH$, $CHCl_3$, ал. Ганглиоблокатор. Блокирует передачу нервного возбуждения в симпатических и парасимпатических ганглиях. Повышает порог возбуждения для ацетилхолина. Вводится в.м. Плохо абсорбируется из ж.к.т. Быстрая кол-венная экскреция (клубочкового и канальцевого типа) почками.

Тубокураринхлорид (*d*-тубокураринхлорид)



Безводн.: M 695,7
Гидрат: M 785,8

$2Cl^- \cdot 5H_2O$

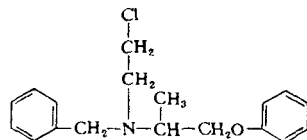
Гекс. и пентаг. пластинки (из H_2O). Безводн.: $t_{разл}$ 274 ÷ 275; гидрат: $t_{разл}$ 268 ÷ 269. Раств-сть: р. щел.; ум.р. H_2O , $EtOH$, $MeOH$; н.р. $CHCl_3$, ал., пир. Четвертичное основание выделяется из *Chondrodendron tomentosum*. В присутствии влаги безводн. форма быстро превращается в пентагидрат. Автономный блокатор кратковременного действия. Вводится в.в. (и в.м.). Распределяется по всем тканям организма; не связывается белками плазмы. ~30% экскретируется с мочой (человек).

Уреган (этилкарбамат)

$NH_2COOC_2H_5$
 M 89,1

Бел. призмы или иглы. Солен. вкус. $t_{пл}$ 50. Раств-сть: х.р. H_2O , $EtOH$, $CHCl_3$, эф.; р. растительные масла, глицерин. Цитотоксический, митотический ингибитор; слабое снотворное. Вводится перорально и в.б. Быстро абсорбируется из ж.к.т., большая часть быстро метаболизируется. Механизм цитотоксического действия не определен. Менее сильный агент, чем азотный иприт. Исполз. как анестетик для мелких животных (1,2–1,5 г/кг в.б.) и рыб (1 : 40 000 в H_2O).

Феиоксизбензамин (дибензиллин; дибенилин; N-(2-хлорэтил)-N-(1-метил-2-феиоксизетил)бензиламин)



M 303,8

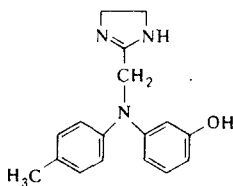
$t_{пл}$ 38 ÷ 40; гидрохлорид 137,5 ÷ 140. Раств-сть: р. бенз.; гидрохлорид р. $EtOH$, пропиленгликоль, $CHCl_3$; ум.р. H_2O . Адренергический блокатор. Вводится в.в. и перорально. 20–30% абсорбируется из ж.к.т.; макс. эффект через 1 ч после в.в. инъекции. 50% экскретируется с мочой и желчью за 12 ч. Не блокирует ингибиторный

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства, действие,
путь введения в организм,
абсорбция и метаболизм

Фентоламин (регитин)



M 281,4

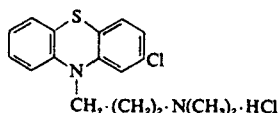
Гидрохлорид: M 317,9

адренергический ответ. В. в. следует вводить медл. Хранить в конц. раств. при pH 2,5 ÷ 3.

$t_{пл}$ 174 ÷ 175. Водн. раств. разл., особ. в присутствии солей Fe. α -Адренергический блокатор. Вводится перорально и в. в. (в 4 раза более активен). У человека 5% пероральной дозы и 10% в. в. дозы экскретируется с мочой.

$t_{пл}$ 239. Раств.-сть: м. р. H_2O , EtOH; н. р. ац., Et-ацетат.

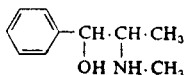
Хлорпромазин (10- γ -диметиламинопропил)-2-хлорфенотиазингидрохлорид; торазин; аминазин; ларгактил)



M 355,3

Св.-серый порошок, чувствительный к свету. $t_{пл}$ 179 ÷ 180. Раств.-сть: р. H_2O , $CHCl_3$, EtOH, MeOH. 5%-ный водн. раств. уст. ≥ 1 сут и имеет pH 4,9. Флуоресценция: A 350 нм, F 480 нм (pH 11). Депрессант ц. н. с., адrenoлитическое, противоаритмическое, противоотечное, противовоспалительное, жаропонижающее, антиметическое, местноанестезирующее действие. Вводится перорально и в. м. Легко абсорбируется из ж. к. т. Макс. конц. в крови наблюдается 3 ч. Распределение по тканям или метаболизм неизвестны. Незначительно экскретируется с мочой (7–8% – у кроликов). Метаболизируется до сульфоксида. Усиливает действие анальгезирующих и снотворных средств и нарушает условные рефлексы. Исполыз. как ингибитор кальмодулина. См. разд. 13, Г.

Эфедрин (*l*-эфедрин; α -(1-метиламиноэтил)бензиловый спирт; *l*-1-фенил-2-метиламинопропанол)



M 165,2

Воскоподобные кристаллы; разл. на свету. $t_{пл}$ 38. Раств.-сть: р. H_2O , EtOH, $CHCl_3$, эф., масла. Водн. раств. уст. к действию света, возд. и нагрев. Симпатомиметик. Конкурентный ингибитор холинэстеразы. Вводится перорально и п. к. Легко абсорбируется из ж. к. т. > 50% выводится почками за 12 ч. Не изменяется в организме человека. У собак экскретируется гл. обр. в виде норэфедрина. Главный алкалоид, выделяемый из *Ephedra*. Бел. иглы $t_{пл}$ 216 ÷ 220. Раств.-сть: гидрохлорид (и сульфат) р. H_2O , EtOH; н. р. эф.

Гидрохлорид: M 201,7

15. Синтетические и природные субстраты

А. Доноры, переносчики и акцепторы электронов

Литература

Bendall D.S., Electron and Proton Transfer in Chloroplasts, Ch. 2 in: International Review of Biochemistry, vol. 13, Plant Biochemistry II, D.H. Northcote (ed.), University Park Press, Baltimore, 1977, p. 41.

Clark W.M., Oxidation-reduction Potentials of Organic Systems, Bailière Tindall and Cox, London, 1960.

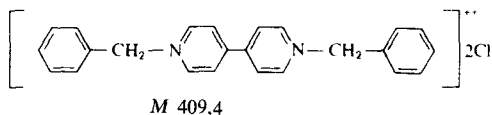
Hauska G., Artificial Acceptors and Donors, Ch. II. 15 in: The Encyclopedia of Plant Physiology (N.S.) vol. 5, Photosynthesis I, A. Trebst, M. Avron (eds.) Springer-Verlag, Berlin, 1977, p. 253.

Trebst A., Measurement of Hill Reactions and Photoreduction, Ch. 14 in: Meth. Enzymol. **24**, Photosynthesis and Nitrogen Fixation, Part B. A. San Pietro (ed.), Academic Press, New York, 1972, p. 146.

Соединение (синонимы)	Молекулярная масса и формула	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

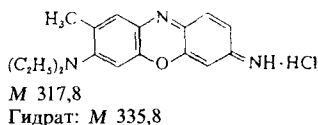
Аскорбиновая кислота
(см. гл. 6)

Бензилвиологен (1,1'-ди-
бензил-4,4'-дипиридилди-
хлорид)

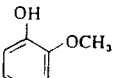
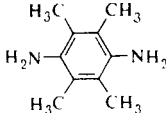
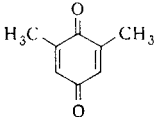
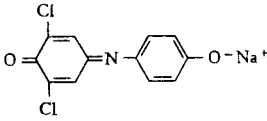


Бесцв. крист. $E'_0 -0,359\text{ В}$ (30°C ; не зависит от pH). Раств-сть: р. H_2O , MeOH; и.р. ац. Слабый акцептор и переносчик электронов. Окисленная форма от бесцв. до св.-желт., восстановленная - от синей до фиол. Восстановленная форма о. легко окисл. O_2 ; бензилвиологен использ. либо в анаэробных усл., либо как переносчик электронов к O_2 или неаутоокисляющимся акцепторам. В восстановленной форме использ. как донор электронов. Восстанавливается дитионитом, борогидридом. Устойчивое восстановленное соединение образуется при нейтральных pH путем добавления 1 е. Восстановленное соединение: $\lambda_{\text{max}} 555\text{ нм}$ (комн. т.). При повышении темп. пик при 555 нм уменьш. и появляется пик при 598 нм, при 80°C появляется только пик при 598 нм.

Бриллиантовый крезило-
вый синий (7-диэтиламино-
3-имино-8-метил-3Н-фенок-
сазингидрохлорид)

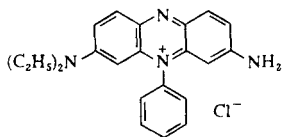


Зеленые иглы + $1\text{H}_2\text{O}$ из разб. EtOH; $E'_0 +0,047\text{ В}$ (pH 7, 30°C). Раств-сть: р. H_2O , EtOH, ац., лед. укс. кисл.; н.р. эф. бенз. Акцептор электронов. Окисленная форма синего цвета; восстановленная форма бесцветна. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, но не восстанавливается растворимой сукцинатдегидрогеназой. Неуст. в водн. раств., особ. щел., или в тв. виде в присутствии H_2O . Спектр зависит от

Соединение (синонимы)	Молекулярная масса и формула	Свойства и другие данные
Гваякол (<i>o</i> -гидроксианизол; <i>o</i> -метоксифенол)	 <i>M</i> 124,1	нонц.; при 40 мг/л $\lambda_{\max}$ 625 нм, при 1 г/л $\lambda_{\max}$ 575 нм. Восстанавливается дитионитом. Перекр. из petr. эф. В продажу поступает в виде диэтиламинопроизводного, а также диметиламинопроизводного (в частности, это относится к ранним публикациям), которое обладает аналогичными свойствами. Восстановленное соединение: при pH > 7 (но не pH < 6,4) окисл. возд.; окисл. феррицианидом при всех pH.
Гидрохинон (хинол; 1,4-дигидроксibenзол; бенз-диол-1,4)	 <i>M</i> 110,1	Бел. или св. желт. крист. масса или желт. жидк. $t_{\text{пл}}$ 28. $t_{\text{кпл}}$ 204–206. Раств-сть: 1,5 Н₂O; ∞ EtOH, CHCl₃, эф., лед. укс. кисл. Донор H при определении активности пероксидазы [Meth. Biochem. Anal. 1, 357 (1954)]. При окисл. образует тетрагваякол ($\lambda_{\max}$ 470 нм). Окраска быстро выцветает. Беречь от света.
Диаминодурол (DAD; 2,3,5,6-тетраметил- <i>l</i> -фенилен-диамин)	 <i>M</i> 164,2	Бесцв. гексагон. призмы. Диморфен. Уст. форма из Н₂O. $t_{\text{пл}}$ 170 ÷ 171. $t_{\text{кпл}}$ 286 ÷ 287. pK_a 9,85; 11,4. E'_0 +0,285 В (pH 7, 25 °C). Раств-сть: 7 Н₂O; р. EtOH, эф., ап., м. р. бенз. Донор электронов. Восстанавливает цитохром с. Антиоксидант. Хранить хорошо закрытым в защищенном от света месте. Раств. окисл. на возд., о. быстро в присутствии щел.
2,6-Диметилбензохинон (DMBQ; DMQ; ДМБХ; ДМХ)	 <i>M</i> 136,2	Желт. крист. E'_0 +018 В (pH 7, 25 °C). Раств-сть: р. EtOH. Акцептор электронов для ФСII. 2,5-Диметилбензохинон: использ. аналогично.
2,6-Дихлорофенолидофенол, Na-соль (2,6-дихлороиндофенол; N-(<i>n</i> -гидроксифенил)-2,6-дихлоро- <i>l</i> -бензохинонимин; DCPiP; DPiP; ДХФИФ; ДФИФ)	 <i>M</i> 290,1 Гидрат: <i>M</i> 326,1 Свободная кислота: <i>M</i> 268,1	Темно-зелен. порошок +2Н₂O; степень гидратации варьирует. E'_0 +0,217 В (pH 7, 30 °C). Окисленная форма: pK_a 5,9. Восстановленная форма: pK_a 7,0; 10,1. $\lambda_{\max}$ ~600 нм, ϵ_{600} 22000 (pH 7) [BBA 86, 194 (1964)]. Раств-сть: р. Н₂O; х. р. EtOH. Акцептор электронов для ФСII. Окисленная форма при нейтр.

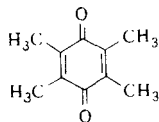
Соединение (синонимы)	Молекулярная масса и формула	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

Диэтилсафранин (3-(диэтиламино)-7-амино-5-фенилфеназинийхлорид)



M 378,9

Дурохинон (2,3,5,6-тетраметилциклогександиен-2,5-дион-1,4; тетраметил-*n*-бензохинон)

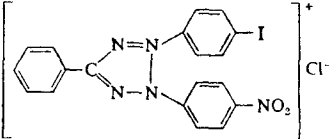
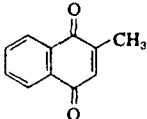


M 164,2

pH имеет синюю окраску, при кисл.-розовую; восстановленная форма бесцветная. Восстанавливается флавопротейновыми ферментами; использ. для определения их активности, часто совместно с феназинметосульфатом в качестве промежуточного переносчика электронов. Добавление феназинметосульфата позволяет соединяться с никотинамиднуклеотидсвязанными дегидрогеназами. Восстановленная форма о. медл. окисл. O_2 , так что нет необходимости удалять возд. Исполз. в объемном анализе, напр. при определении аскорбиновой кисл. В тв. виде уст. на возд. в темноте несколько лет, разл. под действием тепла и света. Водн. раств. медл. разл. при нейтр. pH, быстро при pH < 3 или в крепкой щел.; при исполз. в объемметрическом анализе, титр должен определяться ежедневно. Восстанавливается аскорбиновой кисл., дитионитом, борогидридом, восстановленным феназинметосульфатом, восстановленными убихинонами, восстановленным витамином К. Коммерческие препараты часто содержат примеси. Очищается повторным переводом кислотной формы в эфир и щелочной формы в смесь карбоната и бикарбоната. Из карбонат-бикарбонатной смеси осаждается при добавлении NaCl.

E'_0 -0,251 В (pH 7). $\lambda_{\max}$ 555 нм, $\epsilon \sim 49000$. Раств.-сть: р. H_2O . Восстановленное соед. исполз. как донор Н в реакции с участием фумаратредуктазы [Meth. Biochem. Anal. 4, 307 (1957)], а также в др. аналогичных реакциях. Окисленная форма окрашена в красный цвет, восстановленная бесцветна. Восстановленная форма о. легко окисл. O_2 и обычно получается *in situ* действием дитионита на окисленную форму. Неуст. к кисл. и возд.; ежедневно следует готовить свежий препарат. Обычно содержит примеси, так как исходное в-во, Янус зеленый В, также содержит примеси.

Желт. крист. $t_{\text{пл}}$ 110 ÷ 112, E'_0 +0,05 В (pH 7, 25°C). Раств.-сть: р. EtOH. Акцептор электронов для митохондрий и хлоропластов. Восстановление до дуригидурохинона [FEBS Lett. 96, 252 (1978)].

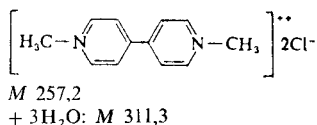
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Иодонитротетразолийхлорид (2- <i>п</i> -иодофенил-3- <i>п</i> -нитрофенил-5-фенил-2Н-тетразолийхлорид; INT; ИНТ)	 <i>M</i> 505,7	Темно-желт. или кремовый порошок. $t_{пл}$ 245 (разл.). Восстановленная форма: красновато-пурпурные иглы. $t_{пл}$ 185 – 186. Раств-сть: 0,5²⁵ H₂O; восстановленная форма н.р. H₂O; р. многие орг. раств-ли. Акцептор электронов. Окисленная форма бесцветна, восстановленная форма окрашена в красновато-пурпурный цвет. Легко восстанавливается флавопротеиновыми ферментами; скорость может возрастать в присутствии промежуточных переносчиков электронов, таких, как феназинметосульфат. Исполз. для определения активности дегидрогеназ, т.к. способен неферментативно соединяться с NADH или NADPH в присутствии феназинметосульфата [JBC 235, 499 (1960); Analyt. Biochem. 1, 317 (1960)]. Гораздо менее фотолabile, чем трифенилтетразолий. Раств. уст. при 5°C несколько мес. Восстанавливается восстанавливающими сахарами, аскорбиновой кисл., NH₂OH в щел. раств., восстановленным феназинметосульфатом, восстановленными убихинонами, восстановленным витамином К при нейтр. рН. Восстановленная форма (формазан): λ_{max} ~500 нм (слегка меняется в зависимости от раств-ля). Не окисл. O₂.
Калия феррицианид	$K_3[Fe(CN)_6]$ <i>M</i> 329,3	Монокл. красные крист. Разл. при нагрев. E'_0 + 0,42 В (рН > 3,5, 25°C). Раств-сть: 48,8²⁵ H₂O; м.р. MeOH, EtOH, ац. Акцептор электронов для ФСII и мягкий окисл. Восстановление может сопровождаться уменьш. поглощения при 420 нм (ϵ 1020). Восстанавливается в нескольких местах вдоль электротранспортной цепи. Окисл. восстановленный цитохром <i>c</i>; окислительно-восстановительный потенциал в различных усл. см. [BBA 292, 509 (1973)]. Водн. раств. медл. разл. при стоянии; надо беречь от действия света. Окисляет гр. - SH до S—S.
Менадион (витамин K ₃ ; менафтон; 2-метил-1,4-нафтохинон; менахинон)	 <i>M</i> 172,2	Ярко-желт. иглы; $t_{пл}$ 105 ÷ 107. E'_0 0 В (рН 7, 25°C). Раств-сть: 1,7 EtOH; 10 бенз.; р.эф. CHCl₃, CCl₄; н.р. H₂O. Переносчик электронов. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами. Процесс окисления – восстановление можно контролировать по поглощению при 262 нм. Часто исполз. как переносчик электронов к O₂ или неаутоокисляющимся акцепторам, таким, как индофенолы или соли тетразолия. О влиянии рН на окислитель-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

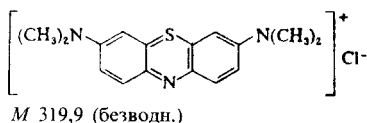
Метилвиологен (1,1'-диметил-4,4'-дипиридилдихлорид; паракват)



но-восстановительный потенциал см. [FEBS Lett. **105**, 189 (1979)]. Кофактор циклического фотофосфорилирования. Уст. на возд., но разл. под действием солнечного света. Раств. уст. при 120 °C, но разл. в присутствии восстановителей или щел. В гексане λ_{max} 244, 253, 264 и 328 нм (ϵ 19800, 19700, 16800 и 3100). В водн. буфере (pH 6,24) λ_{max} 250, 236–264 и 340 нм. Восстановленная форма менадиол: серо-бел. порошок; t 160 ÷ 167; получ. см. [JBC **133**, 391 (1940)]; λ_{max} 241 и 330 нм (в водн. буфере, pH 6,24); pK_a 9,5; ~ 11,0; легко окисл. возд. при нейтр. или щел. pH; о. медл. окисл. при pH ≤ 6,3.

Бесцв. иглы + 3H₂O. Теряет H₂O при 50 °C: $E_0' = -0,446$ В (30 °C, не зависит от pH). Раств-сть: р. H₂O, MeOH; н. р. ад. Акцептор электронов; о. низкий окислительно-восстановит. потенциал. Окисленная форма бесцветна, восстановленная форма окрашена от синего до фиол. цвета. Восстановленная форма легко окисл. O₂, поэтому метилвиологен использ. в анаэробных усл. или как переносчик электронов к O₂ или неаутоокисляющемуся акцептору. Восстановленное соединение использ. как донор электронов, напр. в гидрогеназной р-ции. Восстанавливается дитионитом, борогидридом. Уст. восстановленная форма образуется при нейтр. pH путем принятия 1с. 1,1'-Диметил-4,4'-дипиридиллий-ион (обычно в виде диметосульфата) гербицид, известный как «паракват». Определение см. [Nature, Lond. **199**, 1011 (1963)]. Восстановленное соединение: λ_{max} 601 нм, пл. при 570 нм.

Метиленовый синий (метилтионинхлорид; 3,7-бис-(диметиламино)феназатионхлорид)



Темно-зелен. крист. + 3 ÷ 5 H₂O. $E_0' + 0,011$ В (pH 7, 30 °C). Раств-сть: 4,3 H₂O; 1,5 EtOH; м.р. CHCl₃; н.р.эф.; восстановленная форма о.п.р. H₂O. Акцептор электронов. Окисленная форма синего цвета; восстановленная форма бесцветна. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, но не восстанавливается растворимой сукцинатдегидрогеназой; скорость восстановления часто возрастает под влиянием промежуточных переносчиков электронов, таких, как феназинметосульфат. Восстановленная форма легко вновь окисл. на возд., т. обр. метиленовый синий использ. в анаэробных усл. или как переносчик электронов к O₂. При

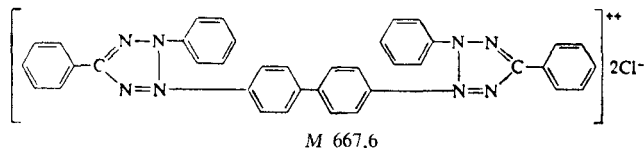
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Натрия борогидрид	NaBH_4 M 37,8	хранении в тв. виде и особ. в раств. окисл. с образованием деметилированных форм. Теряет крист. H_2O, при этом частично разл. Спектр зависит от конц.; при 10^{-5} М λ_{max} 665 нм; $> 10^{-4}$ М главный пик находится между 610 и 570 нм с тенденцией к понижению λ_{max} при более высоких конц. Интенсивность пика при 665 нм падает, и при 10^{-3} М пик фактически исчезает [JACS 77, 4197 (1965)]. Восстанавливается дитионитом, восстановленными флавинами, восстановленным феназинметосульфатом, восстановленными хинонами. Обладает активностью витамина Е. Восстановленное соединение: способен прилипать к стеклянным поверхностям; окисл. O_2 или в анаэробных усл. под действием света; скорость окисл. увел. с увел. pH. Уст. над N_2 в темноте.
Натрия дитионит (гидросульфит натрия; сульфоксилат натрия)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ M 210,2 Безводн.: M 174,1	Куб. крист. Разл. > 300. Раств-сть: 10 изопропиламин; 3 пир.; 1 морфолин; 0,8 диметилцеллозоль; р. H_2O; м.р. тетрагидрофуран. Мощный восстановитель, восстанавливает многие физиологические и искусственные переносчики электронов. Восстанавливает шиффовы основания пиридоксальфосфата до образования устойчивых гр. $\text{CH}_2\text{—NH—}$. Тв. в-во уст., если высушено, разл. под действием влажного воздуха, медл. реагирует с H_2O при комн. т., еще более медл. при добавлении NaOH. Монокл. крист. или желт. порошок. $t_{\text{разл}}$ 52. pK_a 2,4; 6,4. λ_{max} 314 нм, ϵ 8000. Окислительно-восстановительные потенциалы см. [EJB 85, 535 (1978)]. Раств-сть: 25,4²⁰ H_2O; р. щел., разб. кисл.; ум. р. EtOH. Мощный восстановитель, использ. для восстановления многих физиологических и искусственных переносчиков электронов, включая NAD, NADP, флавины и цитохромы. Легко окисл. O_2 возд., если находится в раств. или, будучи в тв. состоянии, содержит влагу; сухое тв. в-во окисл. о. медл. Раств. обычно готовят в буфере, предпочтительнее pH $> 7,5$. В раств. выделяет SO_2.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

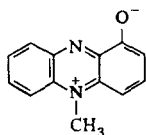
Свойства

Неотетразолийхлорид (3,3'-(4,4'-бифенилен)-бис(2,5-дифенил-2Н-тетразолийхлорид); NeoT; NT)



Бесцв. иглы; $t_{пл}$ 230 (разл.). Восстановленная форма; темно-фиол. иглы. $t_{пл}$ 219 ÷ 220 (разл.). Раств-сть: р. H_2O ; 5 MeOH; восстановленная форма: н. р. H_2O ; р. многие орг. раств-ли. Акцептор электронов. Окисленная форма св.-желт. цвета, восстановленная форма бисформаза цвета фуксина. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, скорость восстановления увелич. в присутствии промежуточных переносчиков электронов, таких, как феназинметосульфат. Исполыз. для определения активности сукциноксидазы [BJ 73. 314 (1959)]. Нечувствителен к солнечному свету, не наблюдается разл. раств. под действием прямого солнечного света в течение ≤ 4 ч. Восстанавливается восстанавливающими сахарами, аскорбиновой кисл., NH_2OH при щел. pH, восстановленным феназинметосульфатом, восстановленными убихинонами, восстановленным витамином K_3 при нейтр. pH. Восстановленное соединение: $\lambda_{max} \sim 520$ нм (широко варьирует в зависимости от раств-ля). Не окисл. O_2 .

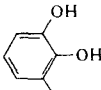
Пиоцианин



M 210,2

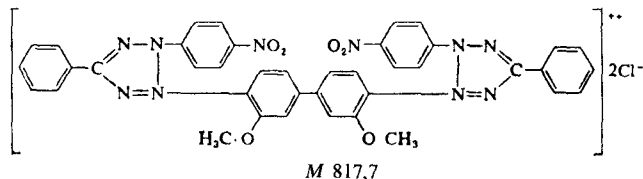
Гидрат: M 228,3

Темно-синие иглы + $1H_2O$ из H_2O . Теряет H_2O в вакууме над P_2O_5 при $50^\circ C$. $t_{пл}$ 133. $E_0' - 0,034$ В (рН 7, $30^\circ C$). Раств-сть: х. р. $CHCl_3$; р. гор. H_2O , гор. $EtOH$, ал., лед. укс. кисл., пир., феноле, Et -ацетате; м. р. хол. H_2O , бенз.; н. р. эф., петр. эф., CCl_4 . Акцептор и переносчик электронов. Получ. см. [Org. Synth. Coll. 3, 753 (1955); JCS 1937, 1704]. Окисленная форма окрашена в синий цвет, восстановленная бесцветна. О. эффективный кофактор циклического фотофосфорилирования [Pl. Physiol. 34, 240 (1959)]. Восстановленный пиоцианин исполыз. как донор электронов для фумаратредуктазы; лучше всего получать ферментативно из тканевых преп. + NADH [JBC 229, 755 (1957)]. Тв. в-во уст. несколько нед. при хранении в сухом темном месте, разл. при длительном стоянии. Восстанавливается дитионитом, борогидридом и в щел. раств. глюкозой. Образуется в культуре *Pseudomonas aeruginosa*. λ_{max} 239, 312, 379 и 690 нм (рН 7 ÷ 8), ϵ_{700} 3400 (рН 7). Восстановленное соединение: о. быстро окисл. O_2 .

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Пирогаллол (1,2,3-тригидроксibenзол)	 $M\ 126,1$	Бел. крист. $t_{пл}\ 133$. $t_{кип}\ 309$. $pK_a\ 9,0$. Раств-сть: 62,5²⁵ H₂O; 78²⁵ EtOH; 64²⁵ эф., м.р. бенз., CHCl₃, CS₂. Донор H при определении активности пероксидазы [Meth. Biochem. Anal. 1, 357 (1954)]. При окислении образует пурпурогаллин ($\lambda_{max}\ 430\text{ нм}$, $\epsilon\ 2470$). Поглощает O₂ в сильно щел. раств. Ядовит. Хранить в хорошо закрытых сосудах в защищенном от света месте. Водн. раств. окисл. на возд. (быстрее щел. раств.). Сильный восстановитель.

Пластохинон см. гл. 6

Тетразолиевый нитросиний (3,3'-(3,3'-диметокси-4,4'-дифенилен)-бис[2-(*n*-нитрофенил)-5-фенил-2Н-тетразолийхлорид]; нитровТ)



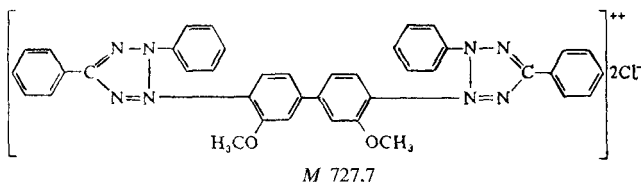
Крист., содержащие раств-ль. Тригидрат: $t_{пл}\ 156$ (разл.). Безводн. гидроксид-хлорид: $t_{пл}\ 134$. Восстановленная форма: черные крист. $t_{пл}\ 270 \div 272$ (разл.). Раств-сть: р. H₂O; восстановленная форма н.р. H₂O; р. многие орг. раств-ли. Акцептор электронов. Окисленная форма бесцветна; восстановленная форма бисформазан окрашена от синего до черного цвета. Быстро восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, скорость восстановления увел. в присутствии переносчиков электронов, таких, как феназинметосульфат. Наиболее широко использ. соль тетразолия, при гистохимическом определении дегидрогеназ [Burstone, Enzyme Histochemistry, Academic Press, 1962]. Использ. вместе с феназинметосульфатом для определения дегидрогеназ методом электрофореза [Meth. Enzymol. 6, 958 (1963)]. Немного фотолabile. Восстановленное соединение бисформазан; обладает значительным сродством к белкам, напр., не экстрагируется в Et-ацетат из водн. суспензии, содержащей желатин; $\lambda_{max} \sim 550\text{ нм}$ (широко варьирует в зависимости от раств-ля).

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства

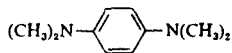
Тетразолиевый синий (3,3'-(3,3'-диметокси-4,4'-дифенилен)-бис(2,5-дифенил-2Н-тетразолийхлорид); синий Т; ВТ)



Желт. иглы. $t_{пл}\ 245 \div 247$ (разл.) Раств-сть: м.р. H_2O ; х.р. MeOH, EtOH, $CHCl_3$; н.р. ал., эф., Et-ацетат. Акцептор электронов. Окисленная форма бесцветна; восстановленная форма бисформазан окрашена от синего до черного. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, скорость восстановления увел. в присутствии промежуточных переносчиков электронов, таких, как феназimetосульфат. Акцептор Н в р-ции Хилла. Исполз. для кол-венного и качественного определения восстанавливающих стероидов на хроматограммах, особ. адренокортикоидных стероидов с α -оксогруппой. Немного фотолabilен.

Восстановленное соединение: синечерные иглы. $t_{пл}\ 244$. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. многие орг. раств-ли. $\lambda_{max} \sim 520\text{ нм}$ (в EtOH), широко варьирует в др. раств-лях. Не окисл. O_2 .

N,N,N',N'-Тетраметил-п-фенилендиамин (TMPD)



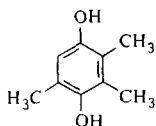
$M\ 164,3$

Дигидрохлорид: $M\ 237,2$

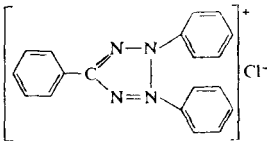
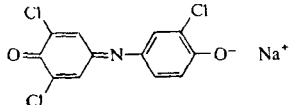
Листочки из водн. EtOH или лигронна; $t_{пл}\ 51$. $t_{кнп}\ 260$; $E_0' +0,26\text{ В}$ (рН 7). Раств-сть: х.р. EtOH, эф., $CHCl_3$, бенз.; р. лигроин; ум. р. H_2O . Донор электронов. Восстанавливает цитохром с; в каталитических кол-вах обычно исполз. совместно с аскорбатом в качестве основного донора электронов. Хранить в тв. виде в защищенном от света месте. Раств. неуст. Окисленная форма (синий Вурстера)-уст. свободный радикал; $\lambda_{max}\ 560\text{ нм}$ ($\epsilon\ 12100$) и 606 нм ($\epsilon\ 11600$). Получ см. [JACS **65**, 1747 (1948)]. Дигидрохлорид: крист.; $t_{пл}\ 222 \div 224$; раств-сть: $10H_2O$.

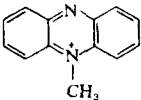
$E_0' +0,115\text{ В}$ (рН 7, 25°C). $t_{пл}\ 169 \div 172$. Раств-сть: 10 MeOH. Донор электронов. Потенциалы полувосстановления триметилбензохиноновой системы как функция рН приведены в [International Review of Biochemistry **13**, р. 66], но следует отметить, что потенциалы семихинонов должны быть ближе друг к другу на 30 мВ, чем это указано в этой работе.

Триметилгидрохинон (3,6-дигидроксипсевдокумол; 1,4-дигидроксис-2,3,5-триметилбензол)



$M\ 152,2$

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Трифенилтетразолийхлорид (2,3,5-трифенилтетразолийхлорид; соль тетразолия; TTZ; TTC)	 M 334,8	Сольватированные иглы. Теряет раств-ль при нагрев. $t_{пл}$ 243 (разл.). E'_0 -0,080 В (рН 7). Восстановленная форма: красные листочки $t_{пл}$ 173,5. Раств-сть: 25 H₂O; р. MeOH, EtOH; м. р. ац., CHCl₃; н. р. эф.; восстановленная форма н. р. H₂O; р. многие орг. раств-ли. Акцептор электронов. Окисленная форма от бесцветной до светло-желт., восстановленная форма красная. Медл. восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, скорость восстановления возрастает в присутствии промежуточных переносчиков электронов, таких, как феназинметосульфат или пиоцианин. Исполыз. для определения жизнеспособности семян [Science 113, 751 (1951)]. Индикатор роста бактерий в биоавтографии [Appl. Microbiol. 2, 29 (1954)]. Из всех солей тетразолия наименее токсичен для бактерий. Обзор по исполыз. [Tetrazolium Salts, B. D. H. Ltd., Poole, England]. Желтеет на свету. Разл. под действием видимого или УФ-света. Неэнзиматическое восстановление восстанавливающими сахарами, аскорбиновой кисл., NH₂OH требует щел. рН. Восстановленное соединение формазан: λ_{max} ~ 490 нм (слегка варьирует в зависимости от раств-ля). Не окисл. O₂.
2,3',6-Трихлорофенолиндо-фенол, Na-соль (2,3',6-трихлороиндофенол; о-хлорофенолиндо-2,6-ди-хлорофенол)	 M 324,5 Свободная кислота: M 302,5	Зелен. крист. + <17% H₂O; E'_0 +0,219 В (рН 7, 30°C). Раств-сть: р. H₂O, х. р. EtOH. Акцептор электронов. В нейтр. раств. окисленная форма имеет синюю окраску, восстановленная форма бесцветна. Восстанавливается флавопротеиновыми ферментами. Исполыз. как акцептор в р-ции Хилла. Восстановленное соединение исполыз. как донор электронов, напр. для нитратредуктазы. Окисление O₂ протекает о. медл. Тв. в-во уст. на возд. при хранении в темноте, медл. разл. на свету. Водн. раств. разл. при стоянии, особ. при кисл. рН. Восстанавливается аскорбиновой кисл., дитионитом, восстановленным феназинметосульфатом. λ_{max} ~ 645 нм, ϵ 27000 (рН 7,3). Восстановленное соединение: уст. несколько сут. под H₂ при комн. т.

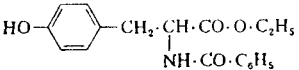
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
Феназинметосульфат (N-метилфеназинийметилсульфат; PMS)	 CH_3SO_4^- $M\ 306,3$	Параллелепипеды от желт. до коричн. цвета из EtOH. $t_{\text{пл}}\ 167$. $E'_0\ +0,080\ \text{В}$ (рН 7, 30 °С). Восстановленная форма: $t_{\text{пл}}\ 164$. Раств-сть: 10 Н₂O; восстановленная форма о.п. р. Н₂O. Акцептор и переносчик электронов. Окисленная форма желтая, восстановленная форма бесцветная, семихинон иногда бывает зеленым. Быстро восстанавливается флавопротеиновыми ферментами, включая сукцинатдегидрогеназу [Meth. Biochem. Anal. 4, 307 (1957)]. Восстановленное соединение легко окисл. О₂, так что феназинметосульфат использ. в р-циях определения активности ферментов как переносчик электронов между ферментами и О₂, цитохромом с или менее легко аутоокисляющимися акцепторами электронов, напр. индофенолами или солями тетразолия. При аутоокислении дигидрофеназинметосульфата образуется Н₂О₂ и, поскольку феназинметосульфат полн. ингибирует каталазу, необходимо обеспечить удаление Н₂О₂, напр. с помощью CN⁻ или 8-гидрокси-хинолина. Феназинметосульфат восстанавливается неэнзиматически NADH и NADPH; использ. для стыковки дегидрогеназ с др. акцепторами электронов, напр. индофенолами, солями тетразолия. Переносчик электронов при циклическом фотофосфорилировании, стимулирует р-цию Хилла. Восстановленное соединение использ. как донор электронов, напр. для восстановления цитохрома с или в фотосинтетических экспериментах. В ферментативных р-циях лучше всего использ. ферментативно восстановленное в-во (тканевый преп. + NADH). Тв. в-во уст. несколько лет при хранении в темноте. Раств. следует готовить в Н₂O, а не в нейтр. буферах; такие раств. хранятся замороженными в темноте несколько мес. Неуст. на свету, образует пиоцианин и др. продукты; под действием солнечного света разл. за 5–10 мин, а под действием рассеянного света за несколько ч. Стабилизируется поливалентными катионами. Восстанавливается дитионитом, борогидридом, NADH, NADPH, аскорбиновой кисл., восстановленными убихинонами, восстановленным витамином К. Реагирует с -SH-соединениями, включая SH-ферменты. $\lambda_{\text{max}}\ 387\ \text{нм}$ ($\epsilon\ 26300$) (рН 2 ÷ 8); $\Delta\epsilon$ (окисл.-восст.)

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства
<i>n</i> -Фенилендиамин диаминобензол)	(1,4-  M 108,1 $\cdot 2\text{HCl}$: M 181,1	25000. Восстановленное соединение: в тв. виде можно хранить 2-3 нед. на возд. при -20°C , а в раств. при рабочей темп. быстро окисл. O_2 . Быстро восстанавливает цитохром <i>c</i> , индофеноловые красители, соли тетразолия и многие др. акцепторы электронов [Meth. Enzymol. 24 , 162 (1972)]. Бел. крист. Темнеет на возд. $t_{\text{пл}}$ $145 \div 147$. $t_{\text{кри}}$ 267. pK_a 2,67; 6,16. Раств-сть: 1 H_2O ; р. гор. H_2O , EtOH , CHCl_3 , эф. Донор электронов. Восстанавливает цитохром <i>c</i> [Meth. Enzymol. 24 , 161 (1972)]. Хранить в темноте хорошо закрытым.

Б. Субстраты пептидаз

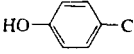
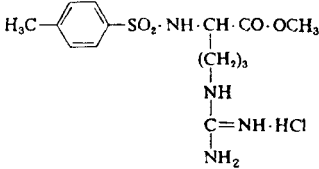
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПЕПТИДАЗ

Методы определения активности пептидаз с использованием природных и синтетических субстратов описаны в [Meth. Biochem. Anal. **2**, 215 (1955); **4**, 171 (1957); Meth. Enzymol. **2**, 3 114 (1955); Bergmeyer, Methods of Enzymatic Analysis, pp. 800-836, Academic Press, 1963].

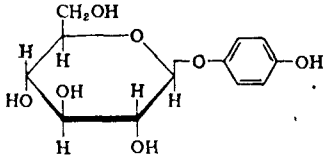
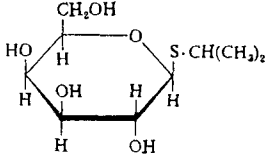
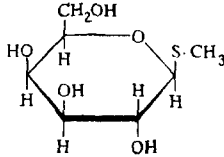
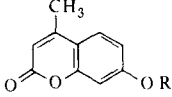
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
N-Ацетил-L-тирозина этиловый эфир	 M 251,3 Гидрат: M 269,3	Св.-кремовый порошок + $1\text{H}_2\text{O}$. $t_{\text{пл}}$ $87 \div 88$. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} +24$ ($c = 1$ в EtOH). Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. гор. H_2O . Субстрат для определения активности химотрипсина. За гидрол. следят по снижению поглощения при 237 нм (pH 7) [BVA 16 , 570 (1955)] или по появлению карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2 , 215 (1955); 4 , 171 (1957)]. Пересыщенные раств. (0,01 ÷ 0,02 M) уст. в течение 6-12 ч, получают путем раств. при 85°C и быстрого охлаждения до комн. т. (25°C). Более конц. раств. следует хранить при повышенной темп.
α -N-Бензоил-L-аргининамид-гидрохлорид	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\underset{\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CO}-\text{NH}_2$ M 313,8 Гидрат: M 331,8 Свободное основание: M 277,3	$\cdot \text{HCl}$ Крист. + $1\text{H}_2\text{O}$. Спекается 120-123. Теряет H_2O 135 ÷ 140. Разл. >260. $[\alpha]_{\text{D}}^{25}$ 17,2 (в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности трипсина, папаина, катепсина В, фицина, бромелина. Гидрол. контролируют по освобождению карбоксильных гр. или аммиака [Meth. Biochem. Anal. 2 , 215 (1955); Biochem. Preps. 6 , 61 (1958)]. Раств. можно хранить несколько мес. при 5°C в присутствии тимоло в качестве стабилизатора.

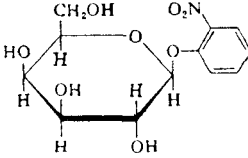
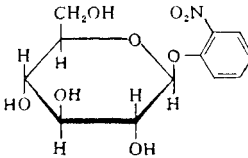
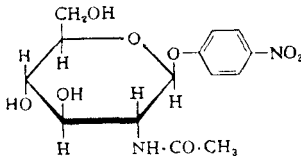
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
α -N-Бензоил-L-аргининэтилгидрохлорид	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \cdot \text{C} \cdot \text{NH} \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \text{CH} \cdot \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C}_6\text{H}_5 \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \cdot \text{HCl}$ M 342,8 Свободное основание: M 306,4	Гигр. крист. $t_{\text{пл}}$ 129,5 ÷ 131. $[\alpha]_{\text{D}}^{22} -17,5$ ($c = 2$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности трипсина, папаина, фицина. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 253 нм (рН 8) [BBA 16, 570 (1955)] или по освобождению карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); 4, 171 (1957)]. Медл. гидрол. в раств.: за 24 ч при 4°C и рН 8 степень гидрол. 4%.
N-Бензоил-L-тирозина этиловый эфир	$\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} \cdot \text{CO} \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$ $\parallel$ $\text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$ M 313,4 (у азота вместо COCH_3 должна быть группа COC_6H_5)	Крист. $t_{\text{пл}}$ 122 ÷ 123. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -23,7$ ($c = 3,7$ в EtOH). Раств-сть: о. п. р. H_2O ; р. водн. MeOH , EtOH . Субстрат для определения активности химотрипсина, поли. уст. к трипсину. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 256 нм (Can. J. Biochem. Physiol. 37, 1393 (1959)) или по освобождению карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); 4, 171 (1957)].
Гишурил-L-аргинин (бензоилглицил-L-аргинин)	$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH} \cdot \text{COOH}$ $\parallel$ $(\text{CH}_2)_3$ $\parallel$ NH $\parallel$ $\text{C}=\text{NH}$ $\parallel$ NH_2 M 335,4	$t_{\text{пл}}$ 182 ÷ 186. $[\alpha]_{\text{D}}^{20} -2,8$ ($c = 2$ в MeOH). Раств-сть: р. H_2O , MeOH . Субстрат для определения активности карбокси-пептидазы В. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 254 нм [JBC 235, 2272 (1960)] или по освобождению аминного азота [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)].
Гишурил-L-фенилаланин (бензоилглицил-L-фенилаланин)	$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH} \cdot \text{COOH}$ $\parallel$ CH_2 $\parallel$  M 326,4	$[\alpha]_{\text{D}}^{25} +39$ ($c = 5$ в 95% EtOH). Субстрат для определения активности карбокси-пептидазы А. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 254 нм [JBC 238, 3884 (1963)] или по освобождению аминного азота [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)].
Глицилглицилглицин (диглицилглицин; триглицин)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \qquad \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \end{array}$ M 189,2	Монокл. крист. из H_2O . $t_{\text{пл}}$ 244 ÷ 246 (разл.). pK_a 3,23; 8,09. Раств-сть: 6,2 ²⁵ H_2O , х. р. гор. H_2O ; н. р. EtOH , эф. Субстрат для определения активности аминотрипептидазы [Meth. Enzymol. 2, 83 (1955); Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)].
Глицилглицин (диглицин)	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CONHCH}_2\text{COOH}$ M 132,1	Беспл. пластинки. $t_{\text{пл}}$ 215 ÷ 220 (разл.) (> 250 разл.). pK_a 3,14; 8,25. Раств-сть: 13,4 ²⁵ H_2O ; х. р. гор. H_2O ; о. п. р. EtOH ; н. р. эф. Субстрат для определения активности глицилглицилдипептидазы [Meth. Enzymol. 2, 107 (1955); Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)]. Исполыз. в качестве буфера. Гидрохлорид: ислы +1 H_2O .

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Глицил-L-пролин	<chem>C1CC(NC(=O)C1)C(=O)O</chem> $H_2N \cdot CH_2 \cdot CO$ $M\ 172,2$ Гидрат: $M\ 181,2$	Гигр. призмы + $\frac{1}{2} H_2O$. $t_{пл}\ 185$. $pK_a\ 2,81; 8,65$. $[\alpha]_D^{24} -115,2$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: х. р. H_2O ; м. р. $EtOH$. Раств. можно хранить лишь несколько сут. при $5^\circ C$ (образуется диоксопиперазин). Субстрат для определения активности пролидазы (имидодипептидазы). [Meth. Enzymol. 2, 100 (1955); Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)].
Глицил-L-тирозинамидацетат	$H_2N \cdot CH_2 \cdot CO \cdot NH \cdot CH \cdot CO \cdot NH_2$ <chem>Cc1ccc(O)cc1</chem> $\cdot CH_2COOH$ $M\ 297,3$ Свободное основание: $M\ 237,3$	Крист. $[\alpha]_D^{22} +28,0$ ($c = 10$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности катепсина С, гидрол. также химотрипсином. Гидрол. контролируют по освобождению NH_3 или карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)], или по р-ции последних с гидроксиламином [Meth. Enzymol. 2, 64 (1957)]. При $pH > 7,8$ даже при $4^\circ C$ наблюдается медл. протекающий спонтанный гидрол., незаметный после 2–3-часового стояния, но существенный спустя несколько сут.
Глицил-L-фенилаланинамидацетат	$H_2N \cdot CH_2 \cdot CO \cdot NH \cdot CH \cdot CO \cdot NH_2$ <chem>Cc1ccccc1</chem> $\cdot CH_2COOH$ $M\ 281,3$ Свободное основание: $M\ 221,3$	Крист. $[\alpha]_D^{26} +28,8$ ($c = 5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности катепсина С, гидрол. химотрипсином. Гидрол. контролируют по освобождению NH_3 или карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)], или по р-ции последних с гидроксиламином [Meth. Enzymol. 2, 64 (1957)].
L-Лейцилглицин	<chem>CC(C)C(C)C(N)C(=O)OCC(N)C(=O)O</chem> $M\ 188,2$	Иглы из $EtOH - H_2O$. $t_{пл}\ 245$ (разл.). $pK_a\ 3,25; 8,28$. $[\alpha]_D^{21} +89,8$ ($c = 2,4$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности пептидаз, особ. лейцинаминопептидазы [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); Meth. Enzymol. 2, 88 (1955)].
L-Лейцинамидгидрохлорид	$(CH_3)_2CHCH_2CH(NH_2)CONH_2 \cdot HCl$ $M\ 166,7$ Свободное основание: $M\ 130,2$	Длинные иглы из $MeOH - \text{эф.}$ $t_{пл}\ 246 \div 248$ (разл.). $[\alpha]_D^{25} +10,0$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , $MeOH$. Субстрат для определения активности лейцинаминопептидазы. Гидрол. контролируют по освобождению NH_3 или карбоксильных гр. [Biochem. Preps. 6, 35 (1958); Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955)]. Раств. можно хранить несколько нед. при $pH\ 8,5$ и $5^\circ C$ в присутствии тимола в качестве стабилизатора.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
L-Пролилглицин	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{N} - \text{CH} - \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ M 172,2 Гидрат: M 190,2	Палочки или иглы + 1 H_2O; м. гигр. $t_{\text{пл}}$ 236 (разл.). pK_a (при $I = 0,16$) 3,19; 8,97. $[\alpha]_D^{20} -22,5$ ($c = 0,1 \div 2$, безводн. в H_2O). Раств-сть: р. H_2O. Субстрат для определения активности иминодицептидазы (пролиназы) [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); Meth. Enzymol. 2, 97 (1955)]. Раств. можно хранить только несколько сут. при 5°C (образуется диоксопиперазин).
L-Тирозинэтилатгидрохлорид	 M 245,7 Свободное основание: M 209,2	$t_{\text{пл}}$ 166 $\div$ 168. $[\alpha]_D^{20} -6,8$ ($c = 2$ в H_2O). Раств-сть: о. п. р. H_2O; р. водн. MeOH. Субстрат для определения активности химотрипсина, не гидрол. трипсинном. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 233,5 нм (рН 6,5) [BVA 16, 570 (1955)] или по освобождению карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); 4, 171 (1957)]. Медл. гидрол. в раств.: за 24 ч при 4°C и рН 7 степень гидрол. 4%. Свободный эфир: призмы; $t_{\text{пл}}$ 108 $\div$ 109, $[\alpha]_D^{20} +20,4$ ($c = 4,85$ в EtOH).
α-N-Толуол-п-сульфонил-L-аргининметилатгидрохлорид (п-тозил-L-аргининметилатгидрохлорид)	 M 378,9 Свободное основание: M 342,4	$t_{\text{пл}}$ 147,5 $\div$ 148. $[\alpha]_D^{18} -14,4$ ($c = 4$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O. Субстрат для определения активности трипсина, не атакуется химотрипсином. Гидрол. также папаином, плазмином и тромбином. Гидрол. контролируют по освобождению карбоксильных гр. [Meth. Biochem. Anal. 2, 215 (1955); 4, 171 (1957)]. Медл. гидрол. при рН > 9.
Синий порошок из кожи (hi-de powder blue)		Раств-сть: н. р. H_2O. Нерастворимый субстрат, получаемый на основе порошка кожи, ковалентно меченного ремазолбриллиантовым синим. Краситель определяют по поглощению при 595 нм после обработки субстрата протеазами. Присутствие альбумина не оказывает влияния. Ср. с азаколлом (прокрашенный денатурированный препарат коллагена; выделение красителя определяют при 580 нм); см. [Clin. Chim. Acta 21, 197 (1968)].

В. Субстраты и индукторы гликозидаз

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Арбутин (гидрохинон-β-D-гликозид; урсин)	 M 272,2 Гидрат: M 290,2	Длинные иглы + 1 H ₂ O. $t_{пл}$ 200. $[\alpha]_D^{20}$ -64 ($c = 3$ в H ₂ O). Раств-сть: р. H ₂ O, EtOH, эф. Невосстанавливающий сахар. Синее окрашивание с FeCl ₃ . Субстрат β-гликозидазы.
Изопропилтио-β-D-галактозид (изопропил-1-тио-β-D-галактопиранозид; IPTG)	 M 238,3	Бесцв. иглы. $t_{пл}$ 109,5 + 110,5. $[\alpha]_D^{22}$ -31,4 (в H ₂ O). Раств-сть: х. р. H ₂ O, MeOH, EtOH; м. р. ал., CHCl ₃ ; н. р. эф. Индуктор β-галактозидазы и β-галактозидпермеазы; не гидрол. β-галактозидазой [BBA 31, 525 (1959)]. Субстрат тиагалактозидтрансацилазы [JBC 237, 253 (1962)].
Метилтио-β-D-галактозид (метил-1-тио-β-D-галактопиранозид; тиометилгалактозид; TMG)	 M 210,3	Бесцв. иглы. $t_{пл}$ 174 ÷ 175. $[\alpha]_D^{20} + 10,7$ (в H ₂ O). Раств-сть: р. H ₂ O, MeOH; н. р. эф., CHCl ₃ . Индуктор β-галактозидазы и β-галактозидпермеазы; не гидрол. β-галактозидазой [BBA 31, 525 (1959)].
4-Метилумбеллиферилгликозиды		Использ. при флуориметрическом определении активности гликозидаз [Meth. Biochem. Anal. 17, 256 (1969)]. Эти субстраты отн. сл. флуоресцируют, но при гидрол. дают 4-метилумбеллиферон, который в щел. раств. интенсивно флуоресцирует. При pH 10,3 λ 364 нм, F 448 нм. Субстраты уст. при -20°C; хранить в сухом виде в защищенном от света месте.
4-Метилумбеллиферил-N-ацетил-β-D-галактозаминидин (4-метилумбеллиферил-2-ацетамидо-2-дезоксис-β-D-галактопиранозид)	R - N-ацетил-β-D-галактозаминидин M 379,4	Субстрат для определения активности N-ацетил-β-D-галактозаминидазы.
4-Метилумбеллиферил-N-ацетил-β-D-глюкозаминидин (4-метилумбеллиферил-2-ацетамид-2-дезоксис-β-D-глюкопиранозид)	R N-ацетил-β-D-глюкозаминидин M 379,4	Субстрат для определения активности N-ацетил-β-D-глюкозаминидазы.
4-Метилумбеллиферил-α-D-галактозид (4-метилумбеллиферил-α-D-галактопиранозид)	R α-D-галактозил M 338,3	Субстрат для определения активности α-D-галактозидазы. Недостаток фермента приводит к болезни Фабри.
4-Метилумбеллиферил-α-D-глюкозид (4-метилумбеллиферил-α-D-глюкопиранозид)	R α-D-глюкозил M 338,3	Субстрат для определения активности α-D-глюкозидазы.

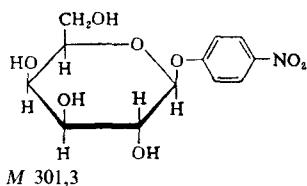
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
4-Метилумбеллиферил- β -D-глюкозид (4-метилумбеллиферил- β -D-глюкопиранозид)	R- β -D-глюкозил M 338,3	$t_{пл}$ 212 $\div$ 214. $[\alpha] -94,5$ ($c = 1$ в H_2O). Субстрат для определения активности β -D-глюкозидазы. Недостаток фермента приводит к болезни Гоше.
4-Метилумбеллиферил- β -D-глюкуронид	R- β -D-глюкуронидил M 352,3 Тригидрат: M 406,3	Субстрат для определения активности β -D-глюкуронидазы.
4-Метилумбеллиферил- α -D-маннозид (4-метилумбеллиферил- α -D-маннопиранозид)	R- α -D-маннозил M 338,3	Субстрат для определения активности α -D-маннозидазы.
4-Метилумбеллиферил- β -D-ксилозид (4-метилумбеллиферил- β -D-ксилопиранозид)	R- β -D-ксилозил M 308,3	$[\alpha] -30,2$ ($c = 0,3$ в H_2O). Субстрат для β -D-ксилозидазы.
4-Метилумбеллиферил- α -L-фукозид (4-метилумбеллиферил- α -L-фукопиранозид)	R- α -L-фукозил M 322,3	Субстрат для определения активности α -L-фукозидазы.
<i>o</i> -Нитрофенил- β -D-галактозид (<i>o</i> -нитрофенил- β -D-галактопиранозид; нифегаль; ONPG)	 M 301,3	Иглы. $t_{пл}$ 193 $\div$ 194. $[\alpha]^{20} -66$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , MeOH. Субстрат для определения активности β -галактозидазы (лактазы). Гидрол. контролируют по освобождению <i>o</i> -нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 420 нм, ϵ 21300) [Adv. Carbohydr. Chem. 16, 239 (1961); Meth. Enzymol. 1, 241 (1957)].
<i>o</i> -Нитрофенил- β -D-глюкозид (<i>o</i> -нитрофенил- β -D-глюкопиранозид)	 M 301,3	Иглы + H_2O из H_2O . $t_{пл}$ гидрат 130 $\div$ 131; безводн. 168 $\div$ 170. $[\alpha]^{18,5}_D -140,4$ ($c = 2,14$, безводн. в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для β -глюкозидазы, гидрол. ферментом эмульсином [BJ 57, 1 (1954)], но не из <i>Stachybotrys atra</i> [Aust. J. Biol. Sci. 8, 541 (1955)]. Гидрол. контролируют по освобождению <i>o</i> -нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 420 нм, ϵ 21300). Теряет крист. H_2O в вакууме над P_2O_5 при 110°C.
<i>n</i> -Нитрофенил-N-ацетил- β -D-глюкозаминидин (<i>n</i> -нитрофенил-2-ацетиамидо-2-дезоксид- β -D-глюкопиранозид)	 M 342,3	$t_{пл}$ 210 $\div$ 212. $[\alpha]^{20}_D -15$ ($c = 0,5$ в H_2O) λ_{max} 300 нм, ϵ 10800 (в 0,1 M NaOH). Раств-сть: 0,78 ²⁰ H_2O . Субстрат для определения активности N-ацетил- β -D-глюкозаминидазы. Гидрол. контролируют по освобождению <i>n</i> -нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 400 нм, ϵ 18300) [BJ 78, 106 (1961)]. Чувствителен к дневному или УФ-свету (но не к электрическому освещению) в сильнощел. раств., но уст. при pH $\leq 9,2$.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

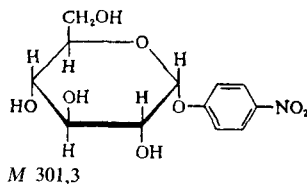
Свойства и другие данные

n-Нитрофенил-β-D-галактозид (*n*-нитрофенил-β-D-галактопиранозид)



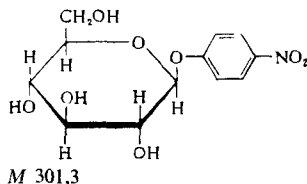
Крист. $t_{пл}$ 185 ÷ 190 (разл.). $[\alpha]_D^{21} -84$ ($c = 0,3$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , MeOH. Субстрат для определения активности β-галактозидазы (лактазы). Гидрол. контролируют по освобождению *n*-нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 400 нм, ϵ 18300) [BJ 83, 331 (1962)].

n-Нитрофенил-α-D-глюкозид (*n*-нитрофенил-α-D-глюкопиранозид)



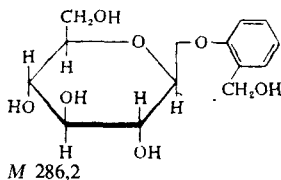
Призмы. $t_{пл}$ 216 ÷ 217. $[\alpha]_D^{17} +215$ ($c = 1$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности α-глюкозидаз (мальтазы и изомальтазы). Гидрол. контролируют по освобождению *n*-нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 400 нм, ϵ 18300) [BBA 30, 28 (1958)].

n-Нитрофенил-β-D-глюкозид (*n*-нитрофенил-β-D-глюкопиранозид)



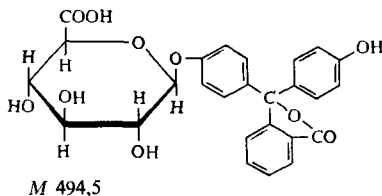
Бесцв. иглы из H_2O ; сушат в вакууме при 90°C. Безводн. $t_{пл}$ 164 ÷ 165. $[\alpha]_D^{20} -108$ ($c = 1$, безводн. в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения β-глюкозидазы (целлюбиазы). Гидрол. контролируют по освобождению *n*-нитрофенола (в щел. раств. желтая окраска; при pH 10,2 λ_{max} 400 нм, ϵ 18300) [BZ 337, 146 (1963); JBC 233, 1113 (1958)].

Салицин (салигенин-β-D-глюкопиранозид)



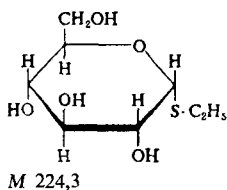
Иглы или призмы. $t_{пл}$ 201. $[\alpha]_D^{20} -62$ ($c = 5$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O , NaOH-раств., лед. укс. кисл., пиридин; о. п. р. EtOH; н. р. $CHCl_3$, эф. Субстрат для β-глюкозидазы. Невосстанавливающий сахар. Пурпурная окраска в конц. H_2SO_4 .

Фенолфталейн-β-D-глюкуронид (фенолфталейн-β-D-глюкопиранозидурановая кислота)



Раств-сть: р. H_2O . Субстрат для определения активности β-глюкуронидазы. Гидрол. контролируют по образованию фенолфталейна (в щел. раств. красная окраска; макс. интенсивность окраски при pH 10,3 $\lambda_{max} \sim 550$ нм, ϵ 26600) [Adv. Carbohydr. chem. 14, 381 (1959); Meth. Enzymol. 1, 262 (1957); Meth. Biochem. Anal. 15, 77 (1967)]. Раств. уст. при 0°C несколько мес. λ_{max} 420 нм, ϵ 130 (pH 10).

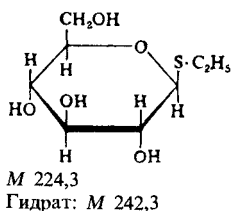
Этилтио-α-D-глюкозид (этил-1-тио-α-D-глюкопиранозид; тиоэтил-α-D-глюкозид; α-TEG)



Иглы. $t_{пл}$ 117. $[\alpha]_D^{20} +261,5$ ($c = 2$ в H_2O). Раств-сть: р. H_2O . Индуктор α-глюкозидазы; не гидрол. этим ферментом.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

Этилтио-β-D-глюкозид (этил-1-тио-β-D-глюкопиранозид; тиозтил-β-D-глюкозид; β-TEG)



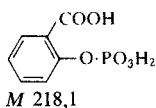
Крист. + 1 H₂O. $t_{пл}$ 42 ÷ 44. Безводн.: $t_{пл}$ 99,5. $[\alpha]_D^{20}$ -55 ($c = 4$, безводн. в H₂O). Раств-сть: р. H₂O, EtOH; м. р. ап.; о. п. р. эф. Индуктор β-глюкозидазы (целлобиазы), не гидрол. этим ферментом [BBA 36, 47 (1959)]. Теряет крист. H₂O в вакууме при 65°C.

Г. Субстраты фосфатаз

Природные эфиры фосфорной кислоты см. Эфиры фосфорной кислоты (разд. 3).

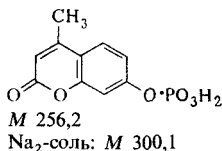
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

о-Карбоксифенилфосфат (салицилфосфат)



Неигр. ислы. $t_{пл}$ 154 ÷ 155. pK_a 0,95; 3,5; 6,11. Раств-сть: х. р. H₂O, EtOH, диоксан; н. р. петр. эф., толуол. Субстрат фосфомоноэстеразы [ABV 51, 139 (1954)]. Гидрол. контролируют по увел. поглощения при 310 нм (освобождается салициловая кисл.). λ_{max} салициловой кисл. 295 ÷ 300 нм; работа при 310 нм позволяет устранить небольшое поглощение, вызванное наличием фосфата и белка. Салициловая кисл. поглощает во всем диапазоне pH: при pH > 5 ϵ_{310} 1900, при более низких pH ϵ_{310} увел. вплоть до 3200 при pH 1. Неферментативный гидрол. протекает с макс. скоростью при pH 5,2, медл. при комн. т., заканчивается за 1 ч при 80-90°C. Уст. в раств. при pH > 8, практически уст. при pH < 2.

4-Метилумбеллиферилфосфат

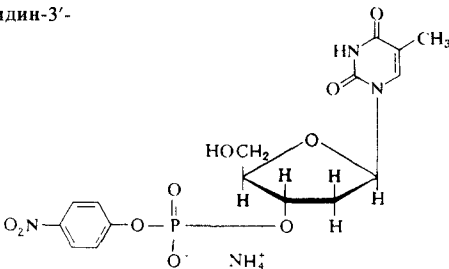
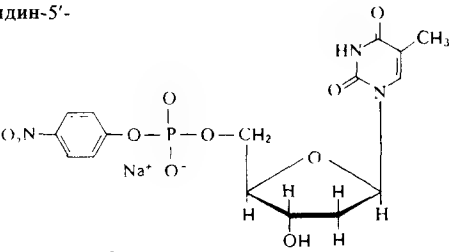
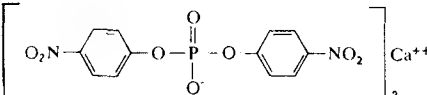


Субстрат для щелочной фосфатазы. При pH 10,3 образующийся 4-метилумбеллиферон интенсивно флуоресцирует: A 364 нм, F 448 нм. При pH 5 флуоресценция менее интенсивная, но все еще легко измеримая (A смещается к 330 нм) [Meth. Biochem. Anal. 17, 254 (1969)]. Бис(4-метилумбеллиферил)фосфат использ. при определении фосфодиэстеразы в мембранах [BBA 465, 667 (1977)].

α-Нафтилфосфат, кислая Na-соль



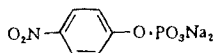
Бел. крист. Раств-сть: р. H₂O. Субстрат для фосфомоноэстераз, особ. из предстательной железы [Am. J. Clin. Path. 32, 88 (1959)]. При гидрол. освобождается α-нафтол, который кол-венно определяется колориметрически после соединения с солью диазония, напр. тетразотированным о-дианизидином,

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
<i>n</i> -Нитрофенилтимидин-3'-фосфат, NH ₄ -соль	 Свободная кислота: <i>M</i> 443,3 NH₄-соль: <i>M</i> 460,3	или флуориметрически [BJ 76, 32P (1060)]. Может быть использован для определения фосфатаз на электрофореграммах. Уст. в раств. при pH > 8, но при pH < 6 происходит медл. гидрол. Свободная кислота: бел. крист.; <i>t</i>_{пл} 155 ÷ 156; p<i>K</i>_a 0,97; 5,85. Безводн.: крист. λ_{max} 270,5 нм, ε 15400. Раств-сть: р. H₂O. Субстрат для фосфодиэстеразы селезенки и ферментов с такой же специфичностью [Meth. Enzymol. 6, 245 (1963)]. Не гидрол. ферментом из змеиного яда. Гидрол. освобождает <i>n</i>-нитрофенол (в щел. раств. желтая окраска; при pH 9–10 λ_{max} 400 нм, ε 18300).
<i>n</i> -Нитрофенилтимидин-5'-фосфат, Na-соль	 <i>M</i> 465,3 Гидрат: <i>M</i> 519,3 Свободная кислота: <i>M</i> 443,3	Крист. + 3H₂O. Теряет H₂O при 100°C и пониженном давл. λ_{max} 270 нм, ε 16250 (pH 2). Раств-сть: р. H₂O, MeOH; н.р. эф. Субстрат для фосфодиэстеразы змеиного яда и ферментов с аналогичной специфичностью [Meth. Enzymol. 6, 237 (1963)]. Скорость гидрол. во много раз выше, чем у бис(<i>n</i>-нитрофенил)фосфата. Не гидрол. ферментом из селезенки. При гидрол. освобождается <i>n</i>-нитрофенол (в щел. раств. желтая окраска; при pH 9–10 λ_{max} 400 нм, ε 18300).
Бис(<i>n</i> -нитрофенил)фосфат, Ca-соль	 <i>M</i> 718,4 Na-соль: <i>M</i> 362,2 Свободная кислота: <i>M</i> 340,2	Раств-сть: р. H₂O. Субстрат для фосфодиэстераз [JBC 198, 293 (1952)]. При гидрол. освобождается <i>n</i>-нитрофенол (в щел. раств. желтая окраска; при pH 9–10 λ_{max} 400 нм, ε 18300). В ранее описанных методиках измерения проводились при 440 нм, но лучше работать при 400 нм. Хранить на хол. в сухом темном месте. Слабокисл. раств. можно хранить на хол. несколько нед.; щел. раств. быстро разл. Щел. раств. практически не поглощают при 400 нм. Na-соль: бел. крист. порошок; <i>t</i>_{пл} 174 ÷ 176.

Соединение (синонимы)

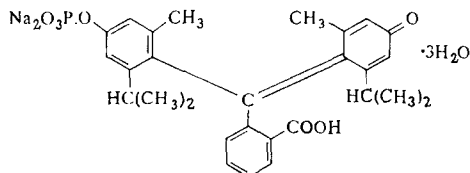
Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

n-Нитрофенилфосфат, Na₂-соль

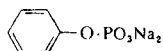
M 263,1
 + 6H₂O: *M* 371,2
 Свободная кислота: *M* 219,1

Светло-желт. крист. Степень гидратации варьирует. $\lambda_{\max}$ 290 нм (pH 2,3); 310 нм (pH 9,2); ϵ 9500 (при любых pH). Свободная кислота: pK_{a2} 5,70. Раств-сть: р. H₂O. Субстрат для фосфомоноэстераз [BBA 258, 178 (1972); Meth. Enzymol. 4, 371 (1957)]; скорость гидрол. выше, чем у глицеролфосфата, фенилфосфата или фенолфталейнфосфата. При гидрол. освобождается *n*-нитрофенол (в щел. раств. желтая окраска; при pH 9–10 $\lambda_{\max}$ 400 нм, ϵ 18300). *n*-Нитрофенилфосфат немного поглощает при 400 нм, так что иногда измерения проводят при 405–420 нм. Хранить в тв. состоянии на хол. в темноте. Раств. разл. медл.; хранить на хол. и в темноте; свежие раств. готовить через несколько нед. Полн. гидрол. 1 М HCl за 3 ч при 100°C.

Тимолфталейнфосфат, Na₂-соль

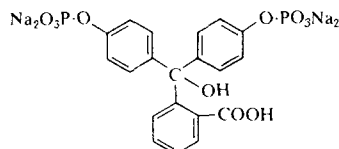
M 554,5
 Тригидрат: *M* 608,5

Субстрат для щелочной фосфатазы. При гидрол. освобождается тимолфталейн (при pH 10 $\lambda_{\max}$ ~600 нм) [Clin. Chem. 17, 1093 (1971)].

Фенилфосфат, Na₂-соль

M 218,1
 Дигидрат: *M* 254,1
 Свободная кислота: *M* 174,1

Бел. крист. Свободная кислота: $t_{пл}$ 94. pK_{a2} 5,73. Раств-сть: р. H₂O, MeOH, эф. Субстрат для фосфомоноэстераз [Meth. Biochem. Anal. 4, 257 (1957); Bergmeyer, Methods of Enzymatic Analysis, p. 785, Academic Press, 1963; J. Assoc. Off. Anal. Chem. 64, 196 (1981)]. При гидрол. освобождается фенол, который кол-венно можно определять колориметрически или по увел. поглощения при 287 нм в щел. раств. [BBA 52, 36 (1961)]. Хранить на хол. в сухом темном месте. Раств. медл. разл.; надо хранить на хол.; свежие раств. готовить каждые 1–2 нед.

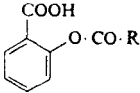
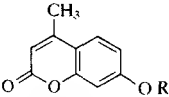
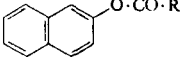
Фенолфталейнфосфат, Na₄-соль (фенолфталейндифосфат)

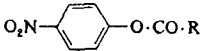
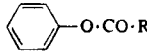
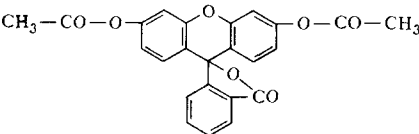
M 566,2
 Свободная кислота: *M* 478,2

Аморфное в-во. Раств-сть: р. H₂O. Субстрат для фосфомоноэстераз [Enzymolog. 31, 309 (1966); Clin. Chem. 13, 941 (1967); J. Assoc. Off. Anal. Chem. 64, 196 (1981)]. При гидрол. освобождается фенолфталейн (в щел. раств. красная окраска; $\lambda_{\max}$ ~550 нм, max окраска при pH 10,3 ÷ 11,4). Уст. при хранении на хол. в сухом темном месте. В щел. раств. при 550 нм не наблюдается поглощения.

Д. Субстраты эстераз и липаз

Любой эфир потенциально может быть субстратом эстераз. За гидролизом можно следить, титруя освобождающуюся кислоту с контролем, напр., с помощью рН-метра [Meth. Biochem. Anal. 4, 171 (1957)] или измеряя количество негидролизованного эфира гидроксамовым методом [JBC 180, 249 (1949)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Ацилсалициловые кислоты (2-ацилоксибензойные кислоты)	 $M\ 120,1 + M_{\text{кисл}} \text{ или } 165,1 + R$ Ацетил: $M\ 180,2$	Ацетил: иглы. $t_{\text{пл}}\ 135$. Высшие гомологи: крист. тв. в-ва. Раств-сть: м.р. H_2O , раств-сть снижается с возрастанием длины углеводородной цепи кислот; р. шел., орг. раств-ли. Субстраты для определения активности эстераз. При гидрол. освобождается салициловая кисл. ($\lambda_{\text{max}}\ 290 + 300\ \text{nm}$; у соответствующих эфиров в спектре поглощения пик при этой длине волны отсутствует) [JBC 199, 357 (1952)]. Раств. хранить на хол., свежие готовить ежедневно.
4-Метилумбеллиферилловые эфиры	 $R = -\text{COCH}_3; M\ 218,2$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3; M\ 246,3$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ $M\ 440,5$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3; M\ 288,4$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3; M\ 316,4$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3; M\ 440,5$ $R = -\text{CO}(\text{CH}_2)_{14}\text{C}_3; M\ 414,6$ $R = -\text{COCH}_2\text{CH}_3; M\ 232,2$	Раств-сть: р. H_2O . Флуоресцирующие субстраты для определения активности эстераз и липаз [Anal. Biochem. 21, 279 (1967)]. Субстрат эстераз. $t_{\text{пл}}\ 91$. Субстрат эстераз. Субстрат липаз.
ацетат бутират элладат(транс) гептаоат нонаоат олеат(цис) пальмитат пропионат		$t_{\text{пл}}\ 41 + 42$. Субстрат эстераз. $t_{\text{пл}}\ 47 + 49$. Субстрат эстераз и липаз. $t_{\text{пл}}\ 38 + 40$. Субстрат липаз. $t_{\text{пл}}\ 70 + 72$. Субстрат липаз. Субстрат эстераз.
β-Нафтиловые эфиры (2-нафтиловые эфиры)	 $M\ 126,2 + M_{\text{кисл}} \text{ или } 171,2 + R$ Ацетат: $M\ 186,2$ Лаурат: $M\ 326,5$	Бел. тв. в-ва. $t_{\text{пл}}$ ацетат 70; лаурат 58 + 60; стеарат 73 + 75. Раств-сть: м.р. H_2O ; раств-сть снижается с возрастанием длины углеводородной цепи кислот; р. EtOH , ал., эф., CHCl_3 . β-Нафтилацетат использ. как субстрат для определения активности эстераз [J. Clin. Invest. 29, 31 (1950)]; β-нафтил-лаурат – для определения активности липазы [JBC 181, 343 (1949); Bergmeyer, Methods of Enzymatic Analysis p. 776, Academic Press, 1963]. При гидрол. освобождается β-нафтол, который можно определять кол-венно колориметрически по р-ции с диазотированным амином. Исходные раств. в ац. хранят при $4^\circ\text{C} \leq 14$ сут. Разбавлять H_2O или буфером непосредственно перед использ., при этом в зависимости от длины цепи кислотного остатка образуется раств. или эмульсия.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
<i>n</i> -Нитрофениловые эфиры	 $M\ 121,1 + M_{\text{кисл}} \text{ или } 161,1 + R$ Ацетат: $M\ 181,2$	Ацетат: пирамидальные крист. $t_{\text{пл}}\ 81$. Пропионат: бел. игл. $t_{\text{пл}}\ 62 \div 63$. <i>n</i> -Бутират: жидк. Раств-сть: ацетат $0,06^{25}$ H_2O , $0,03^{25}$ в $0,025\ \text{M}\ \text{NaHCO}_3 - \text{CO}_2$ -буфере (рН 7,5); р. орг. раств-ли. Субстраты для определения активности эстераз. Гидрол. контролируют по освобождению кисл. или <i>n</i> -нитрофенола (в щел. раст. желтая окраска, $\lambda_{\text{max}}\ 400\ \text{нм}$, $\epsilon\ 18300$) [JBC 170, 467 (1947)]. Гидрол. также химотрипсином и трипсином, особ. ацетат [BJ 50, 672 (1952); 56, 288 (1954)]. Следует вносить поправку, учитывающую медл. спонтанный гидрол. при нейтр. рН. Хранить в тв. виде в темноте. Чтобы получить раств. или эмульсию, в-ва раств. в MeOH и разбавляют H_2O или буфером.
Триацетин (глицерилтриацетат; ацетин)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3 \end{array}$ $M\ 218,2$	Крист. $t_{\text{пл}}\ 3,2$. Бесцв. жидк. $d_4^{25}\ 1,156$. $t_{\text{кип}}\ 258 \div 260$. Раств-сть: $0,685\ \text{H}_2\text{O}$; р. EtOH, эф., бенз., CHCl_3 . Субстрат для определения активности эстераз. Гидрол. контролируют по освобождению кисл.
Трибутирин (глицерилтрибутират; бутирин)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH} \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \end{array}$ $M\ 302,4$	Бесцв. жидк.; горький вкус. $d_4^{20}\ 1,032$. $t_{\text{кип}}\ 305 \div 310$. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. EtOH, эф., ац. Субстрат для определения активности эстераз и липаз [J. Lab. Clin. Med. 33, 1047 (1948)]. Гидрол. контролируют по освобождению кисл.
Фениловые эфиры	 $M\ 76,1 + M_{\text{кисл}} \text{ или } 121,1 + R$ Ацетат: $M\ 136,2$	Ацетат: жидк. $d_4^{15}\ 1,081$. $t_{\text{кип}}\ 195,7$. Пропионат: призм. $t_{\text{пл}}\ 20$. $t_{\text{кип}}\ 211$. Высшие гомологи: жидк. или низкоплавкие крист. тв. в-ва. Раств-сть: ацетат м.р. H_2O ; высшие гомологи н.р. H_2O ; р. EtOH, эф., ац., CHCl_3 . Субстраты для определения активности эстераз. При гидрол. освобождается фенол, который можно кол-венно определить колориметрически [BJ 57, 692 (1954)]. Продажные препараты часто содержат немного свободного фенола; оч. см. [BJ 57, 692 (1954)].
Флуоресцеиндиацетат	 $M\ 416,4$	Иглы из EtOH. $t_{\text{пл}}\ 200$. Флуоресцентный субстрат для определения активности эстераз [Meth. Biochem. Anal. 17, 251 (1969)]. Использ. как индикатор жизнеспособности клеток [PNAS 55, 134 (1966); Stain Tech. 47, 189 (1972)]

16. Биохимические реагенты

А. Протекторные реагенты

Включены соединения, используемые в первую очередь для защиты ферментов от инактивации в результате окисления —SH-гр. следовыми кол-вами тяжелых металлов или токсичными эндогенными компонентами тканей (напр., фенолами, хинонами, жирными кисл.). Реагенты, используемые для защиты от действия эндогенных ферментов (РНКаза и протеаз), рассмотрены в разд. 13, Ж «Другие ингибиторы ферментов».

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Бычий сывороточный альбумин (BCA; BSA)	$M\ 67000$	$pI\ 4,7$. Раств-сть: р. H_2O . Использ. в виде 0,1 1,0%-ного раств. при выделении митохондрий и хлоропластов для адсорбции фенола и хинона или для связывания свободных жирных кисл. и ингибирования дальнейшей липолитической активности [Meth. Enzymol. 31 , 306, 524, 531, 536, 603 (1974)]. Для сохранения палочковидных митохондрий из картофеля необходимы добавки до 6,5% [Tissue Cell 1 , 575 (1969)].
2,3-Димеркаптопропанол-1 (британский антилизит; BAL; димеркапрол; 1,2-ди- тиоглицерин)	$\begin{array}{c} CH_2SH \\ \\ CHSH \\ \\ CH_2OH \\ M\ 124,2 \end{array}$	Вязкая бесцв. или желтоватая жидк. Едкий запах. $d^{20}_4\ 1,2463$. $t_{кип}\ 86 \div 90^\circ$. Раств-сть: 6,8 ²⁰ H_2O (медл. разл.); р. EtOH, эф., растительные масла. Защищает (обычно при $\sim 10^{-3}$ М) многие ферменты от инактивации, так как избыток димеркаптопропанола поддерживает в восстановленном состоянии; кроме того, сильный хелатирующий агент для тяжелых металлов. Взаимодействует с соединениями As(III). Обращает ингибирование, вызываемое соединениями As(III), особ. пируват- и α -кетоглутаратоксидаз, и во многих случаях вызывает обращение ингибирования тяжелыми металлами. Напротив, инактивирует многие ферменты и др. белки, содержащие дисульфидные связи или простетические гр. с тяжелыми металлами, напр. каталазу, пероксидазу, карбоангидразу. В мед. практике иногда использ. как менее токсичный глюкозид, как антидот при отравлении соединениями As и тяжелыми металлами. Чистая жидк. уст. при хранении без доступа O_2 в герметично закрытых контейнерах, медл. окисл. на возд. Водн. раств. на возд. окисл. до дисульфида, с пренебрежимо малой скоростью при pH 5, но быстро в щел. раств.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
1,4-Дитиотреитол (ДТТ; реагент Келланда; <i>трео</i> -2,3-дигидрокси-1,4-димеркаптобутан)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{HSCH}_2 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_2\text{SH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ М 154,3	ДТТ: крист. $t_{\text{пл}}$ 43. М. гир. рК 8,3; 9,5. ДТЭ: $t_{\text{пл}}$ 82 ÷ 84. рК ₉ 9,0; 9,9. Раств-сть: ДТТ р. Н ₂ О; MeOH, EtOH, ац., СНСl ₃ . Наиболее подходящий реагент для восстановления — S—S— до —SH; низкий окислительно-восстановительный потенциал (—0,33 В, рН 7) обеспечивает восстановление многих тиолов; р-ция приводит к образованию внутримолекулярного дисульфида, что обеспечивает протекание р-ции восстановления до конца. Восстановление дисульфида при рН 8 заканчивается за несколько мин. Специфический и чувствительный метод кол-венного определения дисульфидных гр. основан на определении образующихся монотиолов в реакции с ДТНБ в присутствии арсенита [JBC 243, 716 (1968)]. Раств. ДТТ ср. медл. окисл. на возд. Эритронизомер (ДТЭ) обладает аналогичными св-вами, но ДТТ гораздо легче получить и он чаще использ. [Biochem. 3, 480 (1964)]. При определении дисульфида лучше использ. ДТЭ, поскольку скорость р-ции его арсенитного комплекса с ДТНБ выше.
1,4-Дитиоэритритол (ДТЭ; DTE; <i>эритро</i> -2,3-дигидрокси-1,4-димеркаптобутан)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{OH} \\ \quad \\ \text{HSCH}_2 - \text{C} - \text{C} - \text{CH}_2\text{SH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{H} \end{array}$ М 154,3	
Меркап см. разд. 13, Е «Другие ингибиторы ферментов»		
2-Меркаптоэтанол (моно-тиоэтиленгликоль)	$\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ М 78,1	Жидк., характерный запах. $t_{\text{пл}}$ 157 ⁷⁴⁸ (разл.), 68 ²⁰ ; 53,5 ¹⁰ . d_{25}^{25} 1,1196. Раств-сть: ∞ Н ₂ О, EtOH, эф., бенз. Защищает многие ферменты от инактивации (обычно при ~ 0,01 М), так как избыток меркаптоэтанолa поддерживает —SH-гр. белков в восстановленном состоянии. Также образует меркаптиды с тяжелыми металлами. В некоторых случаях наблюдается ингибирование, а не активация. Исполз. (при 0,01 1,0 М) для поддержания легко окисляющихся в-в, особ. тиолов, таких, как CoASH, и тетрагидрофолиевой кисл. в восстановленном состоянии. Чистая жидк. медл. разл. на возд. (8% за 6 мес.). Водн. раств. легко окисл. на возд. до дисульфида, особ. при щел. рН. Разл. минер. кисл., особ. HCl.
Поливинилпирролидон раст-воримый (PVP; полимеры 1-этилпирролидинона-2; пласдон; повидон)	$\left[\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{N} - \text{C} = \text{O} \\ \\ -\text{CH} - \text{CH}_2- \end{array} \right]_n$ М 10000 ÷ 360000	Раств-сть: р. Н ₂ О (коллоидный раств.), EtOH, СНСl ₃ ; н.р. эф. Исполз. при выделении растительных митохондрий и рибосом (препарат полимера должен соответствовать фармац. степени чистоты) и в качестве адсорбента фенола или хинона [Meth. Enzymol. 31, 534 (1974)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Поливинилпирролидон не- растворимый (полиаклар АТ)	Поперечно-сшитый ПВП	Раств-сть: н.р. H_2O . Исполъз. при выделе- нии растворимых ферментов из растительного материала [Meth. En- zymol. 31 , 534 (1974)]. Может быть очищен путем кипячения в течение 10 мин в 10%-ной HCl с последующим промыыванием перегнанной в стеклян- ной посуде H_2O до удаления Cl^- . Для окончательного удаления Cl^- гораздо лучше исполъз. нейтрализацию путем добавления KOH и последующее дли- тельное промывание.
Полиэтиленгликоль (ПЭГ; PEG; α -гидро- ω -гидрокси- поли(окси-1,2-этандиол); карбовакс)	Жидк. или тв. полимерные продукты общей формулы: $H(OCH_2CH_2)_nOH$, где $n \geq 4$. Напр., ПЭГ 400, $n = 8,2 \div 9,1$; $M 340 \div$ $\div 420$; ПЭГ 4000, $n = 68 \div 84$; M $3500 \div 4500$	ПЭГ 400: вязкая сл. гигр. жидк. $t_{пл}$ $1 \div 5$. ПЭГ 4000: бел. порошок. $t_{пл}$ $59 \div 61$. Раств-сть: р. H_2O , ароматиче- ские углеводороды; м.р. алифатиче- ские углеводороды. Добавление-этих макромолекул чрезвычайно эффектив- но для сохранения митохондрий в па- лочковидном состоянии при их выде- лении (для карбовакса 20000 при конц. 8%) [Meth. Enzymol. 31 , 599 (1974)]. ПЭГ 4000 или 20000 (1%) исполъз. при получении ферментов, когда полифе- нолы непригодны. Более сл. адсорбент фенола, чем PVP или БСА, но обла- дает важным св-вом растворяться в ац. [Meth. Enzymol. 13 , 577, 562 (1969)]. ПЭГ 300–ПЭГ 6000 (при 50–55%) ин- дуцируют клеточную гибридизацию [Meth. Cell Biol. 15 , 325 (1977)]. Ис- полъз. как плазмолитик [Planta 71 , 81 (1966); New Phytol. 69 , 501 (1970)]. Мо- гут оказаться необходимыми диализ [Science 133 , 1486 (1981)] или пропу- скание через ионообменные смолы [Plant Physiol. 61 , 708 (1978)]. Возмо- жные осложнения см. [Ann. Rev. Plant. Physiol. 24 , 538, 541 (1973)]. Раств. не- которые пластмассы. Низкая токсич- ность; для крыс (перорально) LD_{50} $\sim 40 \div 60$ г/кг. ПЭГ не гидрол. и не разл. при хранении; не способствуют росту плесени. Исполъз. ПЭГ в качест- ве фьюзогена для получения гибридом при производстве моноклональных ан- тител см. [Meth. Enzymol. 92 , 10 (1983)].
Тиогликолевая кислота (меркаптоуксусная кислота)	$HSCH_2COOH$ $M 92,1$	Жидк. Сильный неприятный запах. d^{20}_4 $1,325$. $t_{пл} -16,5$. $t_{кип} 108^{15}$. $pK_a 3,68$; 10,7. Раств-сть: ∞H_2O , $EtOH$, эф., $CHCl_3$, бенз., многие орг. раств-ли. Предохраняет многие ферменты от ин- активации (обычно при $10^{-3} \div 10^{-2} M$); избыток тиогликолята поддерживает —SH-гр. белка в восстановленном со- стоянии, образует меркаптиты с тяже- лыми металлами. Часто исполъз. в бак- териальных средах для поддержания

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Na-соль	$\text{HSCH}_2\text{COONa}$ M 114,1	восстановительных усл. Легко окисл. возд., особ. при щел. pH. Гигр. крист. Раств-сть: х.р. H_2O ; м.р. EtOH .
Цистеин, цистеамин, глутатион см. разд. 1.		Часто использ. для предохранения ферментов от инактивации, вызываемой окислением SH-гр.

Б. Реагенты для модификации белков

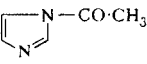
Выбор веществ для рассмотрения в данном разделе и разд. 13 «Антиметаболиты, антибактериальные агенты и ингибиторы ферментов» не основан на каких-то строгих критериях. В частности, вещества, используемые для модификации тиольных ($-\text{SH}$) групп, включены в разд. 13, Е «Другие ингибиторы ферментов». Поэтому для облегчения нахождения конкретного вещества можно рекомендовать использовать предметный указатель.

Литература

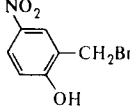
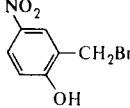
Means G. E., Feeney R. E., Chemical modification of proteins, Holden-Day (1971); Meth. Enzymol. **4**, 247 (1957); **11**, 481–711 (1967); **25**, 387–671 (1972); **47**, 407–498 (1977). Glaser A. N., in: The proteins, H. Neurath, R. L. Hill (eds.), vol. II, pp. 1–103, 3rd edn., Academic Press, 1976. Glaser A. N., DeLange R. J., Sigman D. S., Chemical modification of proteins, in: Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology, T. S. Work, E. Work, (eds.), vol. 4, part I, North Holland-Elsevier, 1975.

По бифункциональным поперечно-сшивающим реагентам: Meth. Enzymol. **25**, 623 (1972); Ann. Rev. Biochem. **46**, 523 (1977); BBA **559**, 39 (1979).

Замечание. Далее под «кислотным гидролизом» следует понимать процедуру, приводящую к образованию свободных аминокислот, т. е. обработку 6 М HCl при 110°C в вакууме в течение 24 ч.

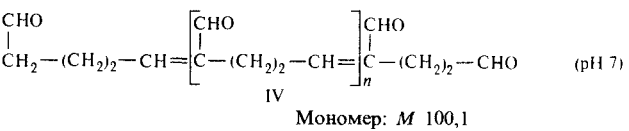
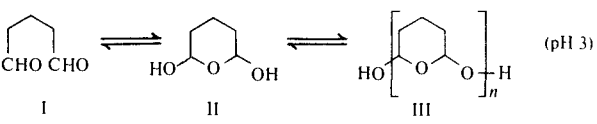
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Азотистая кислота	HNO_2 M 47,2	Известна только в виде раств. Светло-голубой раств. Получают в раств. из NaNO_2 и кисл., напр. укс. кисл. с pH 4,35. Кол-венно переводит $-\text{NH}_2$ -гр. в $-\text{OH}$ с выделением N_2 . α - NH_2 -гр. реагирует быстрее, чем ε - NH_2 . Реагирует также с индольным кольцом триптофана, тирозиновым кольцом, $-\text{SH}$ -гр. и, возможно, метиониновыми боковыми цепями.
N-Ацетилимидазол (1-ацетилимидазол)	 M 110,1	Гигр. тв. в-во. $t_{\text{пл}} 101,5 \div 102,5$. Раств-сть: р. H_2O , бенз. Ацетилюет тирозиновую OH -гр. при pH $\leq 7,5$; реагент и О-ацетилтирозин неуст. при более щел. pH. Может также медл. реагировать с $-\text{NH}_2$, но при pH 7,5 более селективен к тирозиновому $-\text{OH}$, чем укс. ангидрид. Ацетильные гр. удаляются из тирозиновых остатков с освобожде-

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Бисимидаты (бисимидоэфиры)	$R'-O-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-R-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-O-R'$	нием —ОН (но не —NH₂) под действием 1 М NH₂ОН при pH 7 ÷ 9 [Meth. Enzymol. 25, 500 (1972)]. Ацетилирование тирозина можно контролировать по уменьш. поглощения при 278 нм, Δε₂₇₈ 1160. Реагент уст. в тв. виде, если хорошо высушен, а также уст. в раств. в сухом бенз. в течение 1 мес. Гидрол. в водн. раств., наиболее уст. при pH 7,5. Бифункциональные поперечно-сшивающие агенты; см. литературу в начале этого раздела. Высоко специфичен к —NH₂-гр., реагирует при pH 7 ÷ 10, давая амидиновые производные $(-R-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-NH-\text{белок})$ Амидиновая гр. сохраняет положительный заряд аминотр. с рK_a более высокой, чем у —NH₃⁺-гр. Амидиновые производные уст. в слабокисл. и нейтр. раств., но разл. в щел. раств. Бисимидаты неуст. в водн. раств. (в зависимости от pH период полупревращения составляет от нескольких мин. до 40 мин).
Диметиладипимидат (DMA; DMA)	$H_3C-O-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-(CH_2)_4-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-O-CH_3$ М 172,2 Ди-НCl: М 245,2	Ди-НCl: гигр. тв. в-во. t_{пл} 223. Раств-сть: ди-НCl р. H₂O. Наибольшее расстояние между сшиваемыми функциональными гр. ~0,9 нм.
Диметил-3,3'-дителиобиспропионимидат (ДТБП; DTBP)	$H_3C-O-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-(CH_2)_2-S-S-(CH_2)_2-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-O-CH_3$ М 236,4 Ди-НCl: М 309,3	Раств-сть: ди-НCl р. H₂O. Связь —S—S— может быть расщеплена 10 мМ меркаптоэтанолом; использ. при определении поперечно-сшитых компонентов при двумерном электрофорезе в ДСН-геле. Родственные реагенты имеют соединительную группировку, содержащую гликоль, который может расщепляться периодатом (см. литературу в начале раздела).
Диметилмалонимидат	$H_3C-O-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-CH_2-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-O-CH_3$ М 130,2 Ди-НCl: М 203,1	Раств-сть: ди-НCl р. H₂O. Наибольшее расстояние между сшиваемыми функциональными гр. ~0,5 нм.
Диметилсуберимидат (DMS)	$H_3C-O-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-(CH_2)_6-\underset{\underset{ }{NH}}{C}-O-CH_3$ М 200,3 Ди-НCl: М 273,2	Ди-НCl: гигр. тв. в-во. t_{пл} 213 ÷ 214. Раств-сть: ди-НCl р. H₂O. Наибольшее расстояние между сшиваемыми функциональными гр. ~1,1 нм.
Н-Бромосукцинимид (БСИ; NBS)	$\begin{array}{c} Br \\ \\ O=C-N-C=O \\ \quad \\ \text{---} \quad \text{---} \end{array}$ М 178,0	Крист. t_{пл} 173 ÷ 175 (разл.). Раств-сть: р. H₂O, ал., лед. укс. кисл. При pH 3–4 в ацетатном или формиатном буферах индольная гр. триптофана окисл. и пептидные связи с карбоксильного кон-

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Бромациан	CNBr M 105,9	на триптофановых остатках расщепляются. NBS — сильный окисл.; он быстро окисл. —SH-гр. и гораздо медл. реагирует с тирозином, гистидином и метионином. При более высоких pH (напр., pH 7) пептидная связь почти не расщепляется, и в отсутствие —SH-гр. NBS довольно выражено специфичен к триптофану. Р-ция с триптофаном сопровождается снижением поглощения при 280 нм и возрастанием при 261 нм, $\Delta\epsilon_{261}$ 10300. См. обзоры [Meth. Enzymol. 11, 283, 498, 506 (1967); 78, 452, 456 (1978); Adv. Protein Chem. 24, 97 (1970)].
Бугандион-2,3 (диацетил; диметилдикетон; диметилглиоксаль; 2,3-диоксобутан)	$\text{CH}_3\text{COCOCH}_3$ M 86,1	Летучие крист. $t_{\text{пл}}$ 52. $t_{\text{кип}}$ 61 ÷ 62. Раств-сть: х. р. H_2O, EtOH, эф. Селективно расщепляет пептидные связи с карбоксильного конца метиониновых остатков при комн. т. в сильноокисл. среде; усл. см. [JBC 242, 5434 (1967)]. Метнионовый остаток превращается в остаток гомосеринлактона. При комн. т. в тв. виде бромациан летуч; пары чрезвычайно токсичны (по действию похож на HCN); неуст. в щел., неочищенные тв. препараты взрывоопасны.
2-Гидрокси-5-нитробензилбромид (α -бromo-4-нитро- <i>o</i> -крезол; реагент Кошланда; HNBB)	 M 232,1	Желто-зелен. жидк. Запах хлороформ. $t_{\text{пл}}$ 88. Тример: бесцв. иголки $t_{\text{пл}}$ 112,5 ÷ 114. Раств-сть: р. H_2O; ∞ EtOH, эф. Тример р. H_2O. В мягких усл. при pH 7,5–8 модифицирует аргининовые остатки; при использ. боратных буферов увеличивает скорость р-ции. Кисл. гидролиз вызывает частичную регенерацию аргинина; обработка 1 M HCl перед кисл. гидролизом предотвращает эту регенерацию и позволяет количественно оценить степень модификации по результатам аминокислотного анализа. В нейтр. и слабощел. усл. 2,3-бугандион легко образует тример (крист. в-во в сухом виде уст. при комн. т.). Тример также использ. как модифицирующий агент для аргинина при тех же pH и также медл. реагирует с NH_2-гр. [Meth. Enzymol. 25, 566 (1972)].
2-Гидрокси-5-нитробензилбромид (α -бromo-4-нитро- <i>o</i> -крезол; реагент Кошланда; HNBB)	 M 232,1	Листочки или иголки. $t_{\text{пл}}$ 147 ÷ 149. Раств-сть: р. EtOH, эф., ал., диоксан; м. р. бенз., H_2O (разл.). В мягких усл. быстро реагирует с нидольным кольцом триптофана; р-ция обычно протекает при pH 2,5 ÷ 5. Гораздо медл. реагирует с —SH и в сильнощел. средах с —OH тирозина. В отсутствие —SH и при кисл. pH реагент специфичен к триптофану. Степень протекания

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

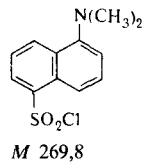
Глутаровый альдегид



р-ции с триптофаном можно кол-венно оценить при 410 нм после удаления гидрол. реагента и изменения pH до >10, $\Delta \epsilon_{410}$ 18450 (в 2 М NaOH) [Meth. Enzymol. 25, 468 (1972)]. Реагент гидрол. о. быстро в водн. раств. (период полупревращения <1 мин); использ. в виде раств. в ац. или диоксане, которые готовят непосредственно перед использ.

Раств-сть: р. H₂O. Бифункциональный поперечно-сшивающий агент, реагирующий с -NH₂-гр. с образованием шиффовых оснований. Коммерческие водн. раств. (25%-ные) глутарового альдегида при pH ~3 содержат 3% глутарового альдегида (I), полуацетала (II) и полимеров III. Шиффовы основания, образуемые I, при pH 3 неуст. к кисл. гидрол. При нейтр. или слабощел. pH (усл., для которых реагент обычно использ. для модификации белков) глутаровый альдегид образует полимеры IV; где n увелич. с увелич. pH до тех пор, пока не образуется осадок. При pH ≥ 7 IV образует кислотоустойчивые шиффовы основания с участием сопряженных внутренних альдегидных гр.; шиффовы основания, образуемые концевыми -CHO-гр. молекул IV неуст. к кисл. гидрол. Из-за вариабельности n длину поперечных сшивок невозможно определить. См. обзор [Ann. Rev. Biochem. 46, 523 (1977)]. Использ. как фиксирующее в-во в электронной микроскопии.

Дансилхлорид (5-диметиламинонафталин-1-сульфонилхлорид; ДНС)



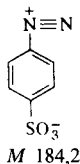
Желт. или оранжев. крист. $t_{\text{пл}}$ 74 ÷ 76. Раств-сть: н. р. H₂O; р. ац., пир., бенз., диоксан. Реагирует с -NH₂-гр., при этом в соединение вводится флуоресцентная метка (диметиламинонафталинсульфонильная гр.). Использ. для анализа концевых аминогр. и определения аминокислотной последовательности белков в ультрамикрочисл-вах [BJ 89, 379 (1963); Meth. Enzymol. 25, 121, 333 (1972)]. Р-цию обычно проводят при pH 8,5–9; в этих усл. дансилхлорид также реагирует с -SH, тирозиновым -OH, -NH₂ лизина и имидазольным азотом гистидина; тиольные и имидазольные производные неуст. в кисл. и вновь переходят в аминокислоты. ДНС-аминокислоты (кроме ДНС-пролина и ДНС-серина) уст. к кисл. гидрол. Дансилхлорид медл. разл. под действием H₂O. В тв. виде уст. над CaCl₂ несколько мес. Конъюгаты: λ_{max} 340 нм; F 525 нм.

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

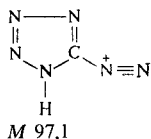
Свойства и другие данные

Диазобензолсульфокислота
(DABS)



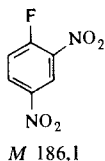
Раств-сть: м.р. H_2O , EtOH; р. разб. HCl, разб. NaOH. Непроникающий водорастворимый мембранный зонд, ковалентно присоединяется к $-NH_2$, SH, имидазольной и $-OH$ -тирозиновой группам белков. Раств. диазониевой соли при необходимости получают из сульфанилловой кисл. и HNO_2 [J. Membrane Biol. 8, 163 (1972)]; раств. можно хранить замороженным. Крист. легко взрываются от трения, удара или при нагрев. В тв. виде следует хранить влажной.

Диазоний-1Н-тетразол



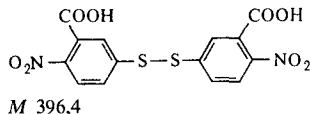
Раств-сть: р. H_2O . Реагирует с гисти-дином и тирозином с образованием как моно-, так и дизамещенных производных. Степень протекания р-ции можно контролировать спектрофотометрически [Meth. Enzymol. 25, 521 (1972)]. Может также реагировать с $-NH_2$ -гр. При необходимости реагент получают в виде разб. раств. из 5-амино-1Н-тетразола. В сухом виде и в раств. при конц. $>0,2M$ реагент *чрезвычайно взрывоопасен*; раств. не следует высушивать в стеклянной посуде и т.д.

2,4-Динитрофторобензол
(1-фторо-2,4-динитробензол;
ДНФБ; DNFB)



Маслянистая жидк. или крист. $t_{пл}$ 26. $t_{кип}$ 130°. Раств-сть: р. бенз., эф., орг. раств-ли; 0,16¹⁵ H_2O . В мягких щел. усл. реагирует с $-NH_2$, $-SH$, тирозиновыми $-OH$ и имидазольными гр., образуя динитрофенильные (ДНФ) производные. ДНФ-соединения: λ_{max} ~ 365 нм, разл. на свету. Имидазольное производное: неуст. к кисл. гидрол. Исполз. для идентификации аминоконцевых аминокислотных остатков [Meth. Enzymol. 4, 221 (1957)], как реагент для модификации белков [Meth. Enzymol. 11, 548 (1967)]. ДНФБ обладает кожно-нарывным действием (избегать попадания на кожу). λ_{max} 360 нм, ϵ 14800 (0,01 M NaOH), темнеет при стоянии, особ. на свету.

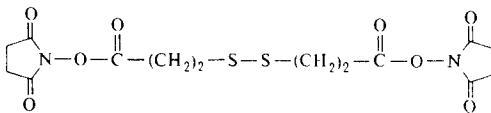
5,5'-Дитиобис(2-нитробен-
зойная кислота) (ДТНБ;
DTNB; реагент Эллмана)



Желт. порошок. $t_{пл}$ 243 ÷ 245 (разл.). Раств-сть: р. H_2O (рН 8). В мягких щел. усл. (рН 7 ÷ 8) реагирует с SH-гр. с образованием смешанного дисульфида тионитробензоатпротеина и стехиометрических кол-в тионитробензоат-дианиона (интенсивная желтая окраска, $\Delta\epsilon_{412}$ 13600 (рН 7 ÷ 8)) [Anal. Biochem. 94, 75 (1979)]. Может исполз. как для кол-венного определения $-SH$ -гр. в белках и др. соединениях (напр., CoA-SH), так и для модификации SH-гр. белка. См. обзор [Meth. Enzymol. 25, 457 (1972)].

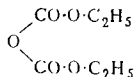
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

Дитиобис (сукцинимидилпропонат)



M 404,4

Диэтилпирокарбонат (ангидрид этоксимуравьиной кислоты; диэтилдикарбонат)



M 162,1

Бифункциональный поперечно-сшивающий реагент (см. литературу в начале раздела), реагирующий в первую очередь с $-\text{NH}_2$ -гр., образуя амидные связи; также реагирует с $-\text{SH}$ и имидазольными гр. Связь $-\text{S}-\text{S}-$ можно расщепить под действием $-\text{SH}$ -содержащих соединений, напр. меркаптоэтанол, что дает возможность разделять поперечно-сшитые субъединицы.

Жидк. d_4^{20} 1,12. $t_{\text{мг}}$ 155. Раств-сть: 0,6 H_2O (разл.); х. р. EtOH , эф. Реагирует с остатками гистидина, обычно при pH 6 $\div$ 8 с образованием N-карботоксигистидина (λ_{max} 230 $\div$ 250 нм, $\Delta\epsilon_{230}$ 3000, $\Delta\epsilon_{240}$ 3200). N-Карботоксимидазол довольно уст. при нейтр. pH , период полупревращения при 25°C и pH 7 55 ч., быстро деацилируется при нейтр. pH под действием NH_2OH , но неуст. к кисл. гидрол., при этом регенерируется гистидин. Возможность расщепления имидазольного кольца делает модификацию гистидина необратимой [FEBS Lett. 72, 155 (1976)]. Обладает довольно высокой селективностью к гистидину, но может реагировать с $-\text{OH}$ тирозина, вызывая уменьш. поглощения при 278 $\Delta\epsilon_{278}$ 1310) и 230 250 нм; р-ция с тирозинном может быть обращена под действием NH_2OH . Может также медл. реагировать с $-\text{SH}$ и NH_2 ; р-ции не могут быть обращены NH_2OH . См. обзор [Meth. Enzymol. 47, 431 (1977)]. Диэтилпирокарбонат гидрол. в водн. раст., период полупревращения в фосфатном буфере (при pH 6) при 25°C 24 мин и (при pH 7) 9 мин; гидрол. ускоряется под действием триса, период полупревращения в трис-буфере при 25°C 1,25 мин при pH 7,5 и 0,37 мин при pH 8,2. Раств. готовят непосредственно перед использ. в безводн. EtOH или безводн. ацетонитриле. Вызывает раздражение слизистых оболочек. См. также разд. 13, E.

Иодирующие реагенты

Иодирование белков может быть использов. для модификации тирозиновых остатков и для включения радиоактивных меток ^{131}I и ^{125}I в белок. Тирозиновые и значительно медл. гистидиновые остатки модифицируются до моно- и дизамещенных производных. Моноiodo- и диiodотирозин можно различить спектрофотометрически [JBC 237, 2778 (1962)]. Иодированные производные гистидина разл. при кисл. гидрол., $-\text{SH}$ -гр. окисл. в мягких усл., а в жестких усл. могут модифицироваться также триптофан и метионин [JBC 238, 1343 (1963)]. Для иодирования белков использ. широкий набор условий и реагентов, включая триiodид калия (см., напр., [Biochem. 5, 3770

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

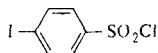
(1966); JBC **243**, 720 (1968)], хлористый иод [Meth. Enzymol. **25**, 438 (1972)], I^- + хлорами Т [BJ **89**, 114 (1963)], I^- + лактопероксидаза + H_2O_2 (эта нодирующая смесь позволяет избежать денатурации белков и является непроницающим через мембраны реагентом для мечення поверхностных мембранных белков [BBRC **40**, 284 (1970)]; присоединенная к агарозе лактопероксидаза легко удаляется из р-ции [Biochem. **13**, 1014 (1974)]. Микромасштабное иодирование перед электрофорезом см. [Anal. Biochem. **95**, 568 (1979)]. Для мечення соединений, не содержащих тирозин или лабильных в усл. методов с применением хлорамина Т и лактопероксидазы, использ. реагент Болтона – Хантера (иодированный N-сукцинимидил-3-(4-гидроксифенил)пропионат), который реагирует с остатками лизина в мягких усл. [Meth. Enzymol. **70A**, 221 (1980)].

Бесцв. крист. $t_{пл}$ 86. Субл. 150³. Раств-сть: р. орг. раств.-лн. Реагирует с $-NH_2$ и тирозиновым OH , образуя уст. *n*-иодофенилсульфонильные (пипсилльные) производные. Использ. при определении аминокислотной последовательности белков [Meth. Enzymol. **4**, 238 (1957)]. Меченный радиоизотопом, особ. ^{131}I , препарат имеет тенденцию окрашиваться при длительном стоянии, но при этом вполне пригоден для использ. Нерadioактивный реагент уст.

Соль К: бесцв. крист. Раств-сть: р. H_2O ; о. п. р. EtOH. Свободная кислота: жидк. $t_{пл}$ –86. $t_{кип}$ 23,5. Раств-сть: р. H_2O , эф. бенз., толуол. Реагирует с NH_2 (при $pH \geq 5$), SH , имидазольной гр., тирозиновыми OH и $-COOH$, образуя карбамильные производные ($\begin{smallmatrix} C \\ || \\ O \end{smallmatrix} NH_2$). Производные с $-SH$, ими-

дазольной гр. и тирозиновым OH лабильны при щел. pH (хотя производные по $-SH$ и тирозиновому $-OH$ уст. при $pH < 5$), р-ция с $-COOH$ протекает только при кисл. pH , напр. при pH 5,3, так что при pH 8 только NH_2 -гр. образуют уст. продукты р-ции с изотианатом. При $pH \leq 7$ α - NH_2 -гр. реагируют в 100 раз быстрее, чем ϵ NH_2 , см. обзор [Meth. Enzymol. **11**, 590 (1967)]. Раств. изотианата при стоянии имеют тенденцию к полимеризации, образуя циануровую кисл. и циамелид, а также могут разл. в H_2O до CO_2 и NH_3 . Разб. раств. свободной кисл. в эф., бенз. или толуоле уст. несколько нед., раств. в H_2O при 0°C

n-Иодофенилсульфонилхлорид (пипсилхлорид)



M 302,5

Калия изотианат

$KNCO$ (К-соль)

M 81,1

$H-N=C=O$ (свободная кислота)

M 43,0

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
-----------------------	------------------------------	--------------------------

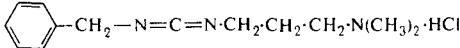
Карбодинмиды

уст. несколько ч. Быстрое нагрев. HNCO может привести к взрыву.

Водорастворимые карбодинмиды использ. для модификации —COOH. Р-цию обычно проводят при pH 4,5 ÷ 5 в присутствии амина, обычно метилового эфира глицина. —COOH-гр. под действием карбодинмида взаимодействует с добавленным амином, образуя амид. Карбодинмиды реагируют с близкими скоростями с —SH и гораздо медл. с тирозиновым —ОН. Тирозиновые производные разл. при обработке 1 М NH₂ОН при pH 7; —SH-производные гораздо более уст. СМС реагирует с остатком серина в активном центре сериновых протеаз.

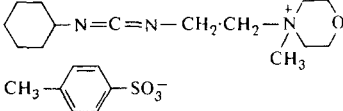
Раств-сть: р. Н₂О.

1-Бензил-3-(3-диметиламинопропил)карбодимид-гидрохлорид (BDC)



M 253,9

1-Циклогексил-3-(2-морфолинил-4-этил)карбодимидметил-*n*-толуолсульфонат (СМС)



M 423,6

Тв. в-во. *t*_{пл} 113 ÷ 115. Раств-сть: р. Н₂О.

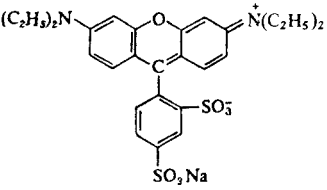
1-Этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодимид-гидрохлорид (EDC)



M 191,8

*t*_{пл} 113 ÷ 115. Раств-сть: р. Н₂О.

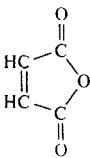
Лиссаминродамн В (RB 200; сульфородамн В)



M 580,7

Красный порошок. Раств-сть: р. Н₂О; м. р. EtOH. Исполыз. в виде гидрохлорида, часто закрепленного на неолите, с целью присоединения флуоресцентной гр. к белкам, напр. для флуоресцентного мечения антител [Nairn R. C. (ed.), Fluorescent protein tracing, 3rd ed., Livingstone, 1969; Nature, Lond. **193**, 167 (1962)]. Для конъюгатов: λ_{max} 575 нм, F 595 нм. Гидрохлорид медл. гидрол. в Н₂О.

Малеиновый ангидрид (мис-бутендикислоты ангидрид; фурандион-2,5)



M 98,1

Крист. *t*_{пл} 52,8. *t*_{кип} 202. Раств-сть: р. ап., СНСl₃, Et-ацетат; м. р. бенз.; м. р. EtOH, образуя эфир; р. Н₂О (разл.). Реагирует с гр. α- и ε-NH₂ в мягких щел. усл. (pH 8,5 ÷ 9,0), образуя моноамид [BJ 112, 679 (1969)]. Продукт уст. при нейтр. и щел. pH, но гидрол. при кнсл. pH, регенерируя исходный амнн; период полупревращения ε-малеили-

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

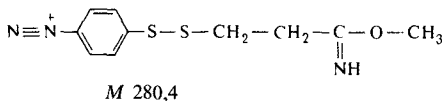
Свойства и другие данные

зина при pH 3,5 и 37°C ~11 ч. (более уст., чем ε-цитракониллизин). Кол-венно степень протекания р-ции можно оценить по увел. поглощения при длинах волн <280 нм ($\Delta\epsilon_{250} 3360$) при pH 8 [Biochem. 7, 1941 (1968)]. Малеилирование приводит к замене положительного заряда на гр. —NH⁺ отрицательным на свободной —COO⁻ малеильного остатка, что способствует дезагрегации олигомерных белков на субъединицы и предотвращает расщепление трипсином по модифицированным остаткам лизина. Реагирует также с гр. —SH, образуя уст. производные (см. N-Этилмалеимид), и медл. с тирозиновым —OH (производное щелочлабильно), сериновым и треониновым OH (обратимо под действием NH₂OH при pH 9). См. обзор [Meth. Enzymol. 25, 191 (1972)].

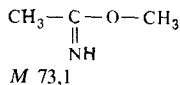
Фоточувствительный гетеробифункциональный поперечно-сшивающий агент. Имидоэфирная гр. обычно реагирует с NH₂ (см. Ацетимидат и Бисимидат). Азидогр. ср. неактивна, но активируется под действием света при ~350 нм с образованием высокоактивной нитреновой гр., которая способствует образованию ряда поперечно-сшитых продуктов. Период полупревращения нитреновых групп $10^{-2} \div 10^{-4}$ с, что сводит к минимуму поперечное сшивание белков, сближенных за счет случайных столкновений. Мостик —S—S— может расщепляться тиольными соединениями, напр. меркаптоэтанолом.

Раств-сть: р. H₂O. При pH 7 ÷ 10 реагирует с α- и ε-NH₂ гр. с образованием амидинов. Амидиновые производные сохраняют положительный заряд исходной аминокр.; pK_a амидина немного выше, чем у —NH₃⁺. При кисл. гидрол. ε-амидиновые гр. частично вновь превращаются в ε-NH₂. Метилацетимидат медл. гидрол. в водн. раств. до ацетнида и метанола. При pH 7 ÷ 11 скорость гидрол. меньше по сравнению со скоростью р-ции с аминами.

Метил-3-(4-азидофенилди-
тио)пропониимидат

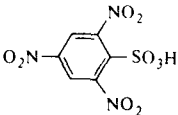
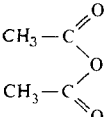
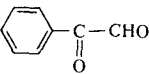


Метилацетимидат



Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
О-Метилизомочевина (2-метилпсевдомочевина)	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <i>M</i> 74,1 Кислый сульфат: <i>M</i> 172,2	Крст. <i>t</i>_{пл} 44,5. Кислый сульфат: <i>t</i>_{пл} 118 ÷ 120. Раств-сть: х. р. Н₂О, EtOH. Реагирует с ε-NH₂, при этом лизин превращается в гомоаргинин и таким образом сохраняется положительный заряд на аминокислотном остатке. α-NH₂-гр. реагируют гораздо медл. или совсем не реагируют. Р-цию обычно проводят при pH 10 ÷ 11 с использ. 0,2 л М реагента в течение нескольких сут. Гомоаргинин уст. к кисл. гидрол., так что степень модификации можно оценить по аминокислотному анализу; гомоаргинин выходит сразу после аргинина. См. обзор [Meth. Enzymol. 11, 584, 589 (1967)]. Аналогичными св-вами обладает 1-гуанил-3,5-диметилпирозол, который реагирует в более мягких усл. (pH 9.5), но также с α-NH₂ [Meth. Enzymol. 25, 558, (1972)]. О-Метилизомочевину следует хранить при -30°C в вакууме в запаянных ампулах; она медл. гидрол. в водн. раств. (за 24 ч при комн. т. на 41%).
Натрия борогндрид (натрия тетрагидроборат)	NaBH_4 <i>M</i> 37,8	Гигр. крст.; образует дигидрат. <i>t</i>_{пл} дигидрат 36 ÷ 37; безводн. > 300 (разл.). Раств-сть р. Н₂О, MeOH, жидк. NH₃; м. р. EtOH, тетрагидрофуран. Использ. для восстановительного алкилирования α- и ε-NH₂-гр. Шиффово основание, образующееся между NH₂-гр. и оксосоединением, напр. формальдегидом, пиридоксальфосфатом, восстанавливается NaBH₄. В присутствии небольшого избытка HCHO р-ция протекает эффективно при pH 9 и 0-4°C, давая ε-N,N-диметиллизиновые остатки (уст. к кисл. гидрол.) в качестве главного продукта [Biochem. 7, 2192 (1968); Meth. Enzymol. 47, 469 (1977)]. Р-ция с участием пиридоксальфосфата может быть использ. для идентификации -NH₂-гр. в активных центрах пиридоксальфосфатзависимых ферментов или чаще всего для введения флуоресцентной метки в белки, в частности в те, что содержат места связывания фосфата. Восстанавливает также гр. —S—S [JBC 244, 6289 (1969)] и многие природные и искусственные акцепторы электронов. Тв. NaBH₄ уст. в высушенном состоянии, разл. под действием влажного возд. Водн. раств. уст. несколько сут. в присутствии 0,2% NaOH, быстро разл. при pH 7, образуя борат и Н₂.

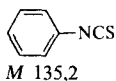
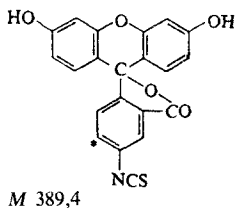
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Пероксид водорода	H_2O_2 M 34,0	Бесцв. жидк. $t_{\text{пл}} -1,7$, $t_{\text{кип}} 152$. Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$; р. EtOH, эф. Окисляет метионин-овые остатки до метионинсульфоксидов. При нейтр. и кисл. pH происходит также окисл. SH-гр. цистеина. При кисл. pH метионин окисл. гораздо быстрее, чем цистеин, так что при pH 2,5 H_2O_2 довольно специфичен к метиониновым остаткам. Метионинсульфоксид при кислотном гидролизе разл. до метионина на $\sim 85\%$, но не разл. при щел. гидрол. и кол-венно может быть определен непрямими методами [Meth. Enzymol, 11, 487 (1967)]. Метионинсульфоксид может быть восстановлен до метионина обработкой тиолами. См. обзор [Meth. Enzymol. 11, 485 (1967); 25, 393 (1972)].
Пермуравьиная кислота (пероксимуравьиная кислота; надмуравьиная кислота)	HCOOOH M 62,0	Бесцв. жидк. Раств-сть: $\infty \text{H}_2\text{O}$, EtOH, эф.; р. CHCl_3 , бенз. Исполз. гл. обр. для кол-венного определения остатков цистенна и цистина (оба при этом окисл. до цистеиновой кисл.). Окисл. также метионин до метионинсульфона и триптофан до формилкинурина и др. продуктов. Может окисл. также тирозин, серин и треонин, но гораздо медл. и обычно только в жестких усл. Усл. для полного окисл. цистеиновых, цистинных и метионинных остатков варьируют для различных белков, при этом побочные р-ции сводятся к min при низкой темп. [JBC 219, 611 (1956); Meth. Enzymol. 11, 59 (1967)]. Цистеиновая кисл. и метионинсульфон уст. к кисл. гидрол. и могут быть количественно определены аминокислотным анализом. Пермуравьиная кисл. образуется in situ при смешивании H_2O_2 и муравьиной кисл.; взрывоопасна, особ. в присутствии др. в-в.
Тетранитрометан	$\text{C}(\text{NO}_2)_4$ M 196,0	Св.-желт. жидк. $t_{\text{пл}} 13,8$, $t_{\text{кип}} 126$. $d_4^{25} 1,6229$. Раств-сть: н.р. H_2O ; р. EtOH, эф. Модифицирует тирозиновые остатки, образуя 3-нитротирозин; р-цию обычно проводят при pH 8 (при pH 6 р-ция не идет). [Meth. Enzymol. 25, 515 (1972)]. Нитротирозин можно кол-венно определять по поглощению (pH 9,0 $\lambda_{\text{max}} 428$ нм, $\epsilon 4200$; в кислом раств. $\lambda_{\text{max}} 360$ нм, $\epsilon 2790$; изобестическая точка 381 нм, $\epsilon 2200$, необходимо предварительно удалять нитроформат-ион, образующийся в процессе реакции и сильно поглощающий при 350 нм); нитротирозин уст. к кисл. гидрол. и может быть кол-венно определен аминокис-

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Тринитробензолсульфоно- вая кислота (пикрилсульфо- новая кислота)	 M 293,2 Тригидрат: M 347,2 Na-соль: M 315,2	лотным анализом [BBRC 27, 20 (1967)]. Обработка нитрометаном может приводить к поперечным сшивкам, обычно окисл. —SH-гр.; могут также модифицироваться метионинные и триптофановые остатки. Реагент действует раздражающе на кожу и легкие и взрывается в присутствии примесей. Тригидрат: бел. чешуйчатые крист. Раств-сть: р. H_2O, бенз. Реагирует с α- и ϵ-NH_2 гр. при мягких шел. рН (обычно 9,5), образуя тринитрофенильное (ТНФ) производное. Реагирует также с —SH-гр., но не с аргинином, имидазолом, тирозином, серином или треонином. Степень протекания р-ции можно определять по поглощению ТНФ-аминокислот при 335–345 нм (кислые рН) [Anal. Biochem. 14, 328 (1966)] или по поглощению комплексов ТНФ-аминокислота-сульфит при 420 нм [Meth. Enzymol. 25, 464 (1972)], а также путем аминокислотного анализа после кисл. гидрол.
Уксусный ангидрид (этановый ангидрид)	 M 102,1	Едкая, раздражающая слизистые оболочки жидк. Легко воспламеняется. $t_{пл}$ —73. $t_{кип}$ 139. Раств-сть: медл. р. H_2O (образуется укс. кисл.); ∞ EtOH (образуется эфир); р. $CHCl_3$, бенз. Один из лучших реагентов для ацетилирования аминокр. в белках [Meth. Enzymol. 25, 494 (1972)]. При нейтр. или слабощел. рН (7 ÷ 9,5) реагирует с непротонированными α- и ϵ-NH_2-гр., которые при этом становятся электро-нейтральными. Тирозиновый —OH также легко ацетируется, но ацетильные гр. удаляются в умеренно щел. усл. или 1 М NH_2OH (рН 7 ÷ 9, 0°C, 2 ч). Сериновый OH, треонинные OH и —SH также ацетируются; ацетильные гр. удаляются NH_2OH при щел. рН. Период полупревращения укс. ангидрида в H_2O 50 мин при 0°C, 4,5 мин при 25°C.
Фенилглиоксаль (бензоил- формальдегид)	 M 134,1 Гидрат: M 152,1	Желт. жидк. $t_{кип}$ 120⁵⁰. Гидрат: иглы + 1 H_2O. $t_{пл}$ 91. Раств-сть: р. H_2O. При рН, близких к нейтр., реагирует с гуанидиновыми гр. аргининовых остатков, давая производные, содержащие два фенилглиоксальных остатка на одну гуанидиновую гр. [JBC 243, 6171 (1968)]. Производные уст. в мягких кисл. усл. (рН < 4), но медл. разл. при нейтр. и щел. рН, регенерируя большинство исходных гуанидиновых гр. В этих усл. фенилглиоксаль реагирует также с

Соединение (синонимы)

Формула и молекулярная масса

Свойства и другие данные

Фенилизотиоцианат (ФИТЦ;
PITC)Флуоресцеинизотиоцианат
(ФЛИТЦ; FITC)Фотоокисляющие красите-
ли

α -NH₂-гр., образуя α -оксокислотные остатки; ϵ -NH₂-гр. могут реагировать при длительной обработке фенилгли-оксалем.

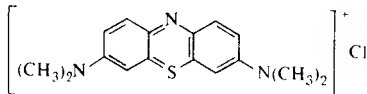
Бесцв. жидк. d_4^{25} 1,1288. $t_{пл}$ -21. $t_{кип}$ 221⁷⁶⁰, 95¹². Раств-сть: н. р. H₂O; р. EtOH, эф. Взаимодействует с -NH₂-гр. с образованием фенилтиокарбамоильных (ФТК) производных. При расщеплении по Эдману с целью определения белковой последовательности от полипептида отщепляется α -ФТЦ-производное аминоконцевого аминокислотного остатка и циклизуется с образованием фенилтиогидантоина (ФТГ).

Ярко-желт. порошок. Раств-сть: р. H₂O, ац. Исполыз., часто как адсорбированный на цеолите, для присоединения флуоресцентной гр. к белкам, напр. для слежения за флуоресцентно-мечеными антителами [Nairn R. C. (ed.), *Fluorescent protein tracing*, 3rd. ed., Livingstone, 1969; *Nature* 193, 167 (1962)], и в иммунологических исследованиях [J. Neurochem. 31, 1375 (1978)]. Разл. в H₂O, в тв. виде при комн. т. уст. не менее одного года. Известны два изомера: ФЛИТЦ II (формула изображена) и ФЛИТЦ I (изотиоцианатная гр. находится в положении, отмеченном звездочкой). Для конъюгатов: λ_{max} 495 нм, $F \sim 520$ нм. Получ. флуоресцентно-меченых белков см., напр., [Meth. Enzymol. 26, 38 (1972); 81, 70 (1982); 93, 151 (1983)].

Цистеиновые, гистидиновые, метиониновые, триптофановые и тирозиновые остатки в белках могут окисл. в присутствии фотоактивного красителя при облучении видимым светом [ABB 110, 57 (1965); Meth. Enzymol. 11, 490 (1967); 25, 401 (1972)]. Исполыз. много различных красителей, чаще всего метиленовый синий, бенгальский розовый, зозин Y, флуоресцеин, кристаллический фиолетовый и рибофлавин. Часто оказывается, что при фотоокисл. определенного белка модифицируется только один или два типа остатков [EJB 26, 125 (1972); BBRC 65, 652 (1975)], метод широко исполыз. для исследования активных центров ферментов, напр. [PNAS 57, 107 (1967); J. Biochem., Tokyo 69, 363 (1971); Biochem. 10, 2143 (1971); BBA 295, 543 (1973)]. Механизм окисл. варьирует в зависимости от усл.

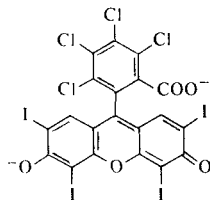
Соединение (синонимы) Формула и молекулярная масса Свойства и другие данные

Метиленовый синий (метилтионинхлорид; тетраметилтионинхлорид)



Безводн: M 319,9

Бенгальский розовый (4,5,6,7-тетрахлор-2',4',5',7'-тетраидофлуоресцеин)



Неионизированная кислота: M 973,6

Na_2 -соль; M 1017,6

K_2 -соль; M 1049,8

и красителя [Science **162**, 963 (1968)], что приводит к различным продуктам окисл. [ABB **33**, 90 (1951); Meth. Enzymol. **11**, 490 (1967); Biochem. **8**, 5149 (1969); Ann. N.Y. Acad. Sci. **171**, 149 (1970); Aust. J. Chem. **24**, 1285 (1971)]. Темно-зелен. крист.; содержат $\leq 5 \text{ H}_2\text{O}$. Раств-сть: р. H_2O , EtOH, CHCl_3 ; н.р. эф.

Блестящие розоватые крист. Раств-сть: р. H_2O .

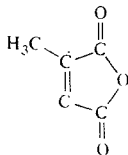
Циклогександион-1,2 (дигидрокاتهол; 1,2-диоксоциклогексан)



M 112,1

Крист. $t_{\text{пл}} 35 \div 38$, $t_{\text{кпл}} 193 \div 195$. Раств-сть: р. H_2O . В боратных буферах (рН 8 $\div$ 9) при 25 $\div$ 40°C селективно модифицирует аргининовые остатки [JBC **250**, 557 (1975)]. В ранних методиках предлагались более щел. усл. (0,2 М NaOH [JBC **242**, 1036 (1967)]; рН 11 $\div$ 12 [Biochem. **7**, 2886 (1968)]; способен вызывать денатурацию. В некоторых усл. может реагировать также с $-\text{NH}_2$ -гр., давая желт. окрашивание ($\lambda_{\text{max}} \sim 440 \text{ нм}$).

Цитраконовый ангидрид (2-метилмалеиновый ангидрид)



M 112,1

Жидк. $t_{\text{пл}} 7 \div 8$, $t_{\text{кпл}} 213$. d_4^{20} 1,245. Раств-сть: р. H_2O (разл.); х.р. EtOH; р. ап. Исполз. для обратимой защиты

NH_2 -гр. белка (р-ция при рН 8-9) [Meth. Enzymol. **25**, 546 (1972)]. Цитраконовые защитные гр. уст. многие ч. при нейтр. или слабощел. рН, но удаляются в кисл. среде, напр. при рН 4,2, 40°C за 3 ч (лизоцим), при рН 2 и комн. т. за 6 ч (альдолаза). При использовании в качестве защитной группировки могут образоваться два изомерных цитраконовых полуамина, но они имеют одинаковую уст. Реагирует также с $-\text{SH}$, образуя уст. производные, и с $-\text{OH}$ серина и треонина, образуя производные, разл. под действием щел. раств. NH_2OH .

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Этиленимин (азациклопропан; азиридин)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \\ \text{H} \end{array}$ <i>M</i> 43,1	Жидк.; аммиачный запах. $t_{\text{кип}}$ 55 ÷ 56. Раств-сть: ∞ H₂O; р. EtOH. Работать соблюдая <i>чрезвычайную осторожность</i>. В-во токсично, раздражает слизистые оболочки; канцероген; о. едкое действие. Полимеризуется, довольно уст. над гранулированным NaOH. Реагирует с SH цистеина при слабощел. pH, образуя H₂N-CH₂-CH₂-S- и вводя новые трипсинчувствительные центры в белковую цепь. Усл. р-ции см. [JBC 241, 3457 (1966)]. При низких pH может реагировать с метиониновыми остатками.
Этиловый эфир иминоуксусной кислоты	$\text{CH}_3 \cdot \text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$ $\parallel$ $\text{NH} \cdot \text{HCl}$ Гидрохлорид: <i>M</i> 123,7 Свободное основание: <i>M</i> 87,2	Гидрохлорид: крист. $t_{\text{пл}}$ 112 ÷ 114. Раств-сть: р. H₂O. Реагирует с α- и ε-NH₂ при pH 7–10, образуя амидины. Амидиновые производные сохраняют положительный заряд исходной аминогруппы; p<i>K</i>_a амидина немного выше, чем у NH₃⁺. ε-Амидиновые гр. при кисл. гидрол. частично вновь превращаются в ε-NH₂. Этилацетимидат медл. гидрол. в водн. раств. до ацетамида и этанола. При pH 7 ÷ 11 скорость гидрол. меньше скорости р-ции с аминами.
Янтарной кислоты ангидрид (ангидрид бугандикислоты; 2,5-диоксотетрагидрофуран; 2,5-дикетотетрагидрофуран)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ <i>M</i> 100,1	Бел. крист. $t_{\text{пл}}$ 120. Раств-сть: р. HClO₄, EtOH (образуется эфир); м.р. H₂O (разл.), эф. Реагирует преимущественно с -NH₂-гр. при pH 7 ÷ 9, превращая положительный заряд аминогруппы в отрицательный [Biochem. 8, 2890 (1969)]. Введение отрицательного заряда способствует диссоциации белков на субъединицы (см. Малениновый ангидрид). Сукцинилные полуамидные производные более уст., чем малеиловые производные, но гидрол. в 6 М HCl при 100°C. Могут модифицироваться OH тирозина (О-сукцинилтирозин неуст. при pH > 5), OH серина и треонина (модификация обратима под действием NH₂OH [JBC 242, 2739 (1967)]) и, возможно, SH. Период полупревращения янтарного ангидрида в H₂O при 25°C 4,3 мин.

17. Константы устойчивости комплексов металлов

По способности к комплексообразованию ионы металлов можно расположить в следующем порядке: щелочные металлы (Na^+ , K^+ и др.) < щелочноземельные (Mg^{2+} , Ca^{2+} и др.) < переходные металлы.

Щелочные и щелочноземельные металлы образуют наиболее прочные комплексы с оксо-анионами, переходные металлы — с N-содержащими и в меньшей степени с S-содержащими соединениями, такие металлы, как Zn и Hg, образуют наиболее прочные комплексы с тио-соединениями. Способность двухзарядных ионов переходных металлов к комплексообразованию меняется обычно в соответствии с рядом Ирвинга–Вильямса: $\text{Mn} < \text{Fe} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Cu} > \text{Zn}$.

Константы устойчивости. Для взаимодействия между металлом M и лигандом L, т.е. для реакции $\text{M} + \text{L} \rightleftharpoons \text{ML}$, константа устойчивости определяется как $K_1 = [\text{ML}]/[\text{M}][\text{L}]$. Металл может соединяться более, чем с одной молекулой лиганда, напр. $\text{ML} + \text{L} \rightleftharpoons \text{ML}_2$, $K_2 = [\text{ML}_2]/[\text{ML}][\text{L}]$, и т.д.

На практике при образовании более одного (2, 3, ..., n) комплекса говорят о полных константах устойчивости:

$$\begin{aligned}\beta_2 &= K_1 K_2 \\ \beta_3 &= K_1 K_2 K_3 \\ \beta_n &= K_1 K_2 \dots K_n\end{aligned}$$

Могут встречаться и другие равновесия, для которых также можно записать выражения для констант устойчивости, например:



Данные по константам устойчивости взяты в основном из работ [1–3]. Методы определения констант устойчивости описаны в работе [4]. По возможности, цитируются данные, полученные для следующих условий: 25–30°C, ионная сила 0,01 ÷ 0,5 (то же для pK_a): приведенные значения не являются «термодинамическими» константами. Естественно, в настоящее время пока нет исчерпывающих количественных данных для всех соединений.

Как пользоваться таблицами.

а) *Перевод абсолютных констант в «кажущиеся».* Если специально не оговорено, приведены абсолютные константы устойчивости, т.е. независимые от pH. На практике гораздо чаще пользуются «кажущимися» константами, т.е. K при данном pH. Кажущаяся константа устойчивости учитывает все формы комплексообразующих частиц, в то время как абсолютная константа учитывает комплексообразование только с наиболее «сильными» анионами

$$K_{\text{каж}} = [\text{ML}]/[\text{M}](\text{[L]}_{\text{T}} - [\text{ML}]) = [\text{ML}]/[\text{M}][\text{L}]_{\text{T}}$$

где $[\text{L}]_{\text{T}}$ — суммарное содержание всех форм лиганда, присутствующих в растворе и не вошедших в комплекс с металлом.

В первом приближении, когда pK_a лиганда $> \text{pH} + 1$, $\lg K_{\text{каж}}$ можно рассчитать, вычтя поправку $\lg \alpha$, равную $\text{pK}_a - \text{pH}$. Напр., для α -аланина pK_{a2} 9,9 и если pH 7,0, то

$$\begin{aligned}\lg \alpha &= \text{pK}_a - \text{pH} = 9,9 - 7,0 = 2,9 \\ \lg K_1 (\text{каж.}) (\text{Cu}^{2+}) &= 8,5 - 2,9 = 5,6\end{aligned}$$

Для полных констант можно использовать следующие соотношения:

$$\begin{aligned}\lg \beta_2 (\text{каж.}) &= \lg \beta_2 - 2\lg \alpha \\ \lg \beta_3 (\text{каж.}) &= \lg \beta_3 - 3\lg \alpha \text{ и т.д.}\end{aligned}$$

Этот подход использован при составлении разд. А, где для ЭДТА приведены кажущиеся константы устойчивости при pH 7,0 и 8,0.

Для лиганда L, для которого известно n значений pK_a

$$\alpha = [H^+]^n / K_{a1} K_{a2} \dots K_{an} + [H^+]^{n-1} / K_{a1} K_{a2} \dots K_{a(n-1)} + \dots + [H^+] / K_{a1} + 1$$

Так, ЭДТА имеет pK_{a1} , pK_{a2} , pK_{a3} и pK_{a4} и при pH 7,0 $\alpha = 2,08 \cdot 10^3$ и $\lg \alpha = 3,3$. Для Mg-ЭДТА при pH 7,0: $\lg K_1$ (каж.) = $8,7 - 3,3 = 5,4$. Кажущиеся константы устойчивости неотличимы от абсолютных констант устойчивости при pH на две или более единиц выше pK_a .

б) *Вычисление концентраций свободного металла и свободного лиганда.*

1) Пусть лиганд присутствует в избытке и образуются только комплексы 1:1, тогда

$$[ML] \simeq [M]_T$$

$$[L]_T \simeq [L]_T - [M]_T = [L]$$

и концентрация свободных ионов металла

$$[M] = [M]_T / \alpha / K_1 ([L]_T - [M]_T)$$

2) Пусть ионы металла присутствуют в избытке, тогда

$$[ML] \approx [L]_T$$

$$[M] \approx [M]_T - [L]_T$$

и концентрация свободного лиганда

$$[L] = [L]_T / K_1 ([M]_T - [L]_T)$$

Эти уравнения позволяют вычислять концентрации M, L и ML, а следовательно, состав буферов по ионам металла и лигандам [5] в данных конкретных условиях. Существуют компьютерные программы для более сложных систем, включающих ML, ML_2 , ML_3 и т.д., или смешанные комплексы. (См., например, [5], где более полно обсуждаются металл-ионные буферы и концепция pM .)

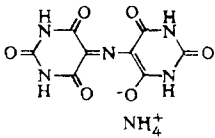
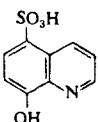
Комплексообразование влияет на окислительно-восстановительный потенциал ионных пар металлов, причем смещение потенциала зависит от различий в константах устойчивости комплексов, в которых металл находится в двух различных валентных состояниях. Количественную оценку таких равновесий см. в работе [6].

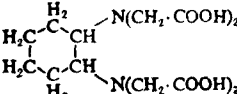
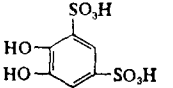
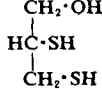
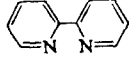
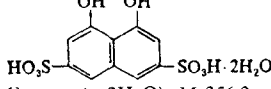
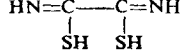
Из рассмотрения в данном разделе в целях разгрузки приводимого материала исключены макроциклические лиганды, такие, как краун-эфиры, образующие растворимые в липидах комплексы с металлами, в которых металлы «спрятан» от растворителя. Несмотря на важную роль этих лигандов для биологических систем, в настоящее время получено еще очень мало количественных данных о константах их устойчивости [7].

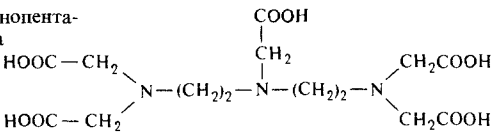
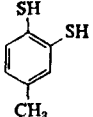
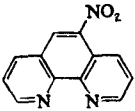
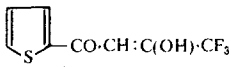
Литература

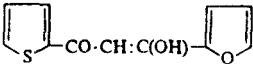
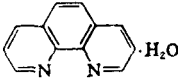
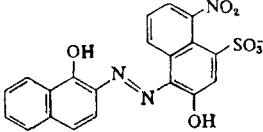
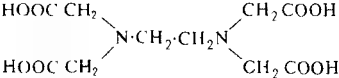
1. Stability constants of metal-ion complexes (1964). Compiled by L. G. Sillén and A. E. Martell. Special Publication No. 17, The Chemical Society, London.
2. Stability constants of metal-ion complexes. Supplement No. 1 (1971). Compiled by L. G. Sillén and A. E. Martell. Special Publication No. 25, The Chemical Society, London.
3. Stability constants of metal-ion complexes: organic ligands (1979). Compiled by D. D. Perrin. Pergamon Press, Oxford.
4. *Роскомми Ф., Роскомми Х.* Определение констант устойчивости и других констант равновесия в растворах. — М.: Мир, 1965.
5. Perrin D. D., Dempsey B., Buffers for pH and metal-ion control, Chapman and Hall, London, 1974.
6. Perrin D. D., Organic complexing reagents, Robert E. Krieger Publ. Co., Huntington, New York 1978.
7. Pederson C. J., Frensdorff H. K., Angew. Chem. (Internat. Edn.) **11**, 16 (1972).
8. O'Sullivan W. J., Smithers G. W., Stability constants for biologically important metal-ligand complexes, Meth. Enzymol. **63**, 294 (1979).

A. Хелатирующие агенты

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Аммонийная соль <i>N</i> -нитрозо-фенилгидроксиламина (куп-феррон)	$C_6H_5N(NO)ONH_4$ M 155,1	pK_a 4,2. При pH 7,0 L^- . Р. H_2O и $EtOH$; комплексы металлов н.р. H_2O ; раств. CCl_4 (использ. для разделений методом жидкостной экстракции). Реагент и комплексы, как правило, неуст.
Аммония пурират (мурексид)	 M 284,2 Гидрат: M 302,2	pK_a 9,2; 10,5. При pH 7,0 H_2L^- . K_1 (Ca) 5. $K_{Mn_2L}^{Mn_2L}$ (Mg) 2,2; (Ca) 2,7; (Co) 2,5; (Cu) 3,5; (Zn) 3,1. Р. H_2O . Образует раств. окрашенные комплексы с двухвалентными металлами. Использ. гл. обр. для определения конц. Ca^{2+} , а также Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} . Др. комплексы слишком неуст. для использ. в аналит. целях.
α -Бензоиноксим (купрон)	$C_6H_5CHONHC(NOH)C_6H_5$ M 227,3	М.р. H_2O ; комплексы н.р. H_2O . Использ. для определения $Mo(VI)$.
<i>N,N</i> -Бис(гидроксиэтил)глицин (бицин)	$(HOCH_2CH_2)_2NCH_2COOH$ M 163,2	pK_a 1,7; 8,1. При pH 7,0 L^- . K_1 (Ca) 2,8; (Mn) 3,1; (Fe) 4,3; (Co) 5,3; (Ni) 6,4; (Cu) 8,1; (Zn) 5,4; β_2 (Mn) 5,4; (Fe) 7,3; (Co) 8,8; (Ni) 10,8; (Cu) 13,3; (Zn) 8,6.
2,3-Бутандиондиоксим (диметилглиоксим)	$CH_3C(NOH)C(NOH)CH_3$ M 116,1	pK_a 12,8. При pH 7,0 HL . K_1 (Co) 8,4; (Cu) 9,1. β_2 (Co) 17,0; (Ni) 17,0; (Cu) 18,5. Н.р. H_2O ; р. $EtOH$. Образует раств. комплексы с Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} ; нераств. комплексы с Ni^{2+} . Использ. для кол-венного определения Ni^{2+} .
<i>o</i> -Гидроксibenзальдегидоксим (салицилальдоксим)	 M 137,1	pK_a 8,9; 11,1. При pH 7,0 H_2L . K_{Mn}^{Mn} (Mg) 0,6; (Ca) 0,9; (Co) 8,1; (Ni) 3,8; (Cu) 4,2. М.р. H_2O . Образует комплексы с тяжелыми металлами, желт.-зелен. осадок с Cu .
8-Гидроксихинолин (оксин; 8-хинолинол; 8-оксихинолин)	 M 145,2	pK_a 5,1; 9,9. При pH 7,0 HL . K_1 (Mg) 4,7; (Ca) 3,3; (Mn) 6,8; (Fe) 8,0; (Co) 9,1; (Ni) 9,9; (Cu) 12,2; (Zn) 8,5. β_2 (Mn) 12,6; (Fe) 15,0; (Co) 17,2; (Ni) 18,7; (Cu) 23,4; (Zn) 17,6. М.р. H_2O . Комплексы с Mg и Ca умеренно р., др. н.р.
8-Гидроксихинолин-5-сульфоновая кислота (сульфоксин)	 M 225,2	pK_a 1,3; 4,1; 8,7. При pH 7,0 HL^- . K_1 (Mg) 4,8; (Ca) 3,5; (Mn) 6,9; (Fe) 8,4; (Co) 8,8; (Ni) 9,8 (Cu) 12,5; (Zn) 8,7. β_2 (Mg) 8,4; (Fe) 15,1; (Co) 15,9; (Ni) 18,5; (Cu) 23,1; (Zn) 16,2. Более высокая растворимость лиганда и комплексов, чем у оксина.
<i>N</i> -(2'-Гидроксиэтил)иминодисукусная кислота	$HOCH_2CH_2N(CH_2COOH)_2$ M 177,2	pK_a 2,2; 8,7. При pH 7,0 HL^- . K_1 (Mg) 3,5; (Ca) 4,7; (Mn) 5,6; (Fe) 6,8; (Co) 8,1; (Ni) 9,4; (Cu) 11,9; (Zn) 8,4. β_2 (Mn) 9,4; (Co) 12,4; (Ni) 14,5; (Cu) 16,0; (Zn) 12,3. $\lg K_1$ (Fe^{III}) 11,6.

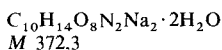
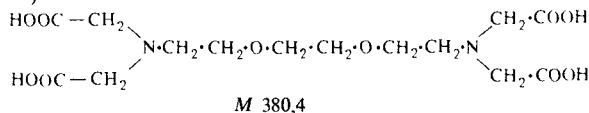
Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные ^a
<i>транс</i> -1,2-Диаминоциклогексантеграуксовая кислота	 $M \ 346,3$ $+ H_2O: M \ 364,3$	pK_a 2,4; 3,5; 6,1; 12,4. При pH 7,0 HL^{3-} . K_1 (Mg) 11,0; (Ca) 13,2; (Mn) 17,4; (Fe ^{III}) 28,1; (Co) 19,6; (Ni) 19,4; (Cu) 22,0; (Zn) 19,3. Исполыз. для предотвращения осаждения Мп из 3 М щел. при определениях орг. соединений в щел. раств.
4,5-Дигидроксibenзол-1,3-дисульфокислота (пирокатехин-3,5-дисульфокислота; тирон; тайрон)	 $M \ 270,2$ $Na_2\text{-соль}: M \ 314,2$	pK_a 7,7; 12,6. При pH 7,0 H_2L^{2-} . K_1 (Mg) 6,9; (Ca) 5,8; (Mn) 8,6; (Co) 9,5; (Ni) 10,0; (Cu) 14,5; (Zn) 10,4. β (Fe) 47,7; (Cu) 25,5. K_{MnL}^M (Mg) 2,0; (Ca) 2,2; (Fe ^{III}) 20,8; (Co) 3,1; (Ni) 3,0; (Cu) 5,5; (Zn) 3,3. $\lg K_{каж}$ (Ca^{2+}) 1,8 (pH 7,2). $\lg \beta_2$ (Zn^{2+}) 18,6. Исполыз. при колориметрич. определении Fe^{3+} .
2,3-Димеркаптопропанол-1 (димеркапрол; BAL)	 $M \ 124,2$	pK_a 8,7. При pH 7,0 H_2L . K_1 (Mn) 5,2; (Zn) 13,5. β_2 (Mn) 10,4; (Fe) 15,8; (Ni) 23,0; (Zn) 23,0. Н. р. H_2O . Общий хелатирующий агент тяжелых металлов. Исполыз. в терапевтич. практике при отравлении Pb, As, Hg.
2,2'-Дипиридил (α, α' -бипиридил)	 $M \ 156,2$	pK_a 4,4. При pH 7,0 L. K_1 (Mg) 0,5; (Mn) 2,5; (Fe) 4,3; (Co) 5,6; (Ni) 7,1; (Cu) 8,5; (Zn) 5,4. β_2 (Mn) 4,6; (Fe) 7,9; (Co) 11,2; (Ni) 13,9; (Cu) 14,0; (Zn) 9,8. β_3 (Mn) 6,3; (Fe) 17,3; (Co) 16,0; (Ni) 20,1; (Cu) 17,9; (Zn) 13,5.
3,6-Дисульфо-1,8-дигидрокси-нафталин (хромотроповая кислота; 1,8-дигидрокси-нафталин-3,6-дисульфокислота)	 HO_2S-2H_2O $\text{Гидрат (+2H}_2\text{O)}: M \ 356,2$ $Na_2\text{-соль (+2H}_2\text{O)}: M \ 400,3$	pK_a 5,4. При pH 7,0 HL^3 . K_1 (Cu) 13,4. Р. H_2O . Образует комплексы (раств. в H_2O и обычно окрашенные) с тяжелыми металлами, а также с Al, Be.
Дитиооксамид (рубеновая кислота; диамид дитиошавелевой кислоты)	 $M \ 120,2$	pK_a 10,6. При pH 7,0 H_2L . Р. водн. ЕтОН. Образует окрашенные комплексы с переходными и тяжелыми металлами. Исполыз. для обнаружения Cu (зеленый осадок) на хроматограммах и в гистохимических преп. Др. комплексы р. H_2O , кроме комплексов Co и Ni (р. в кисл. раств.).
Дифенилгтнокарбазон (дитизон)	$C_6H_5NNCSNHNHC_6H_5$ $M \ 256,3$	pK_a 4,5. При pH 7,0 L^- . Дитизон и его комплексы н.р. H_2O ; р. орг. раств.-ли. Исполыз. при экстракции примесей тяжелых металлов из водн. раств. Комплексы интенсивно окрашены и исполыз. для анал. определения многих металлов, напр. Zn [ABV 46, 345 (1953); JBC 237, 1129 (1962); Anal. Chim. Acta 110, 21 (1979)].

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Диэтилентриаминопента-уксусная кислота	 M 393, 4	pK_a 1,8; 2,6; 4,4; 8,8; 10,4. При pH 7,0 H_2L^{3-} . K_1 (Mg) 9,3; (Ca) 10,6; (Mn) 15,1; (Fe ^{III}) 28,6; (Co) 19,0; (Ni) 20,2; (Cu) 21,1; (Zn) 18,7.
Калия ксантогенат	C_2H_5OCSSK M 160,3	При pH 7,0 L^- . Р. H_2O (раств. неуст.). Образует окрашенные комплексы (н.р. H_2O) с тяжелыми металлами. Исполыз. при определениях Mo.
4-Метил-1,2-димеркаптобензол (дитиол; толуол-3,4-дитиол)	 M 156,3	При pH 7,0 H_2L . М.р. в водн. щел.; р. орг. раств.-ли. Образует малорастворимые окрашенные комплексы с тяжелыми металлами.
Натрия диэтилдитиокарбамат (купраль)	$(C_2H_5)_2NCSSNa$ Гидрат (+3 H_2O): M 225,3	При pH 7,0 L . β_2 (Ni) 12,5; (Zn) 11,5. Р. H_2O (раств. неуст.). Комплексы с металлами н.р. H_2O . Исполыз. для экстракции тяжелых металлов в несмешивающихся растворах, а также для колориметрич. определения Cu, Ni и Co.
Нитрилотриуксусная кислота	$N(CH_2COOH)_3$ M 191,1 Na_3 -соль (+1 H_2O): M 275,1	pK_a 1,9; 2,5; 9,8. При pH 7,0 HL^{2-} . K_1 (Mg) 5,5; (Ca) 6,5; (Mn) 7,4; (Fe ^{III}) 15,9; (Co) 10,8; (Ni) 11,5; (Cu) 13,1; (Zn) 10,4.
5-Нитро-1,10-фенантролин	 M 225,2	pK_a 3,2. При pH 7,0 L . K_1 (Mg) 3,5; (Fe) 5,1; (Co) 6,3; (Ni) 7,0; (Cu) 8,0; (Zn) 5,5. β_3 (Fe) 18,0; (Co) 16,6; (Ni) 20,4; (Cu) 17,7. Др. замещенные 1,10-фенантролины (напр., 5-Br, 5-Me) обладают аналогичными хелатообразующими св-вами. 2-Замещенные соединения имеют более слабую хелатирующую способность.
Салициловая кислота (о-гидроксibenзойная кислота)	 M 138,1	pK_a 2,9; 13,1. При pH 7,0 HL^- . K_1 (Ca) 0,5; (Mn) 5,9; (Fe) 6,6; (Co) 6,7; (Ni) 7,0; (Cu) 10,6. М.р. H_2O . Образует прочные комплексы с Cu, Al, Fe ³⁺ . Исполыз. для выведения Be (lg K_1 4,3) при отравлениях Be.
Теноилтрифтороацетон (4,4,4-трифторо-1-(2-тиенил)-1,3-бутандион)	 M 222,2	pK_a 6,2. При pH 7,0 L^- . М.р. H_2O ; р. бенз. Образует комплексы (обычно н.р. H_2O , р. бенз.) с тяжелыми металлами. Исполыз. в методах жидкостной экстракции.

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
2-Теноил-2-фуроилметан	 M 220,3	pK_a 12,3. При pH 7,0 НЛ. Н. р. H_2O ; р. орг. раств.-ли. Образует комплексы (н. р. H_2O) с тяжелыми металлами.
Тиомочевина (тиокарбамид)	NH_2CSNH_2 M 76,1	При pH 7,0 Л. Р. H_2O . Образует раств. комплексы с тяжелыми металлами. Исполыз. в первую очередь как маскирующий агент для Cu^{2+} . Довольно сильный восстановитель.
Триэтилететрамин (триен)	$H_2NCH_2CH_2NHCH_2CH_2NHCH_2CH_2NH_2$ M 146,2 $\cdot 2HCl$: M 219,2	pK_a 3,3; 6,6; 9,1; 9,8. При pH 7,0 H_2L^{2+} . K_1 (Mn) 4,9; (Fe) 7,8; (Ni) 14,0; (Cu) 20,4; (Zn) 12,1. K_{Mn}^{Mn} (Ni) 8,9; (Cu) 14,0; (Zn) 7,3.
1,10-Фенантролин (о-фенантролин)	 Гидрат ($\cdot H_2O$): M 198,2	pK_a 5,0. При pH 7,0 Л. K_1 (Mg) 1,5; (Ca) 0,5; (Mn) 3,9; (Fe) 5,8; (Co) 7,3; (Ni) 8,6; (Cu) 6,3; (Zn) 6,4. β_2 (Mn) 7,0; (Fe) 11,2; (Co) 14,0; (Ni) 16,7; (Cu) 12,5; (Zn) 12,1. β_3 (Mn) 10,0; (Fe) 16,5; (Co) 20,0; (Ni) 24,0; (Cu) 18,0; (Zn) 17,0. Исполыз. для удаления Zn из Zn-металлоферментов [JBC 235, 64 (1960)], а также для спектрофотометрич. определения Fe^{2+} .
Эриохром черный Т (1-(1-гидрокси-2-нафтилазо)-2-гидроксиги-5-нитронафталин-4-сульфоновая кислота)	 M 439,4 Na -соль: M 461,4	pK_a 6,3; 11,6. При pH 7,0 HL^{2-} . K_1 (Mg) 7,0; (Ca) 5,5; (Co) 20,0; (Cu) 21,4; (Zn) 12,3. Р. H_2O . Образует окрашенные комплексы с многими двухзарядными ионами металлов. Исполыз., в частности, для аналитич. определения Mg.
Этилендиамин (1,2-диаминэтан)	$NH_2CH_2CH_2NH_2$ M 60,1	pK_a 7,2; 9,9. При pH 7,0 H_2L^{2+} . K_1 (Mg) 0,4; (Mn) 2,7; (Fe) 4,3; (Co) 5,9; (Ni) 7,6; (Cu) 10,7; (Zn) 6,0. β_2 (Mn) 4,8; (Fe) 7,5; (Co) 10,7; (Ni) 14,0; (Cu) 20,0; (Zn) 11,0. β_3 (Mn) 5,7; (Fe) 9,5; (Co) 13,8; (Ni) 18,5; (Zn) 13,0.
Этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА; EDTA; хелатон III; версен, секвестрол)	 M 292,2	pK_a 2,0; 2,7; 6,2; 10,3. При pH 7,0 HL^{3-} . K_1 (Mg) 8,7; (Ca) 10,6; (Mn) 14,0; (Fe) 14,2; (Co) 16,0; (Ni) 18,6; (Cu) 18,8; (Zn) 16,4. K_1 (каж.) при pH 7 (Mg) 5,4; (Ca) 7,3; (Mn) 10,7; (Fe) 10,9; (Co) 12,7; (Ni) 15,3; (Cu) 15,5; (Zn) 13,1. K_1 (каж.) при pH 8 (Mg) 6,4; (Ca) 8,3; (Mn) 11,7; (Fe) 11,9; (Co) 13,7; (Ni) 16,3; (Cu) 16,5; (Zn) 14,1. $\lg K_1$ (Na^+) 1,7. Исполыз. в качестве основы буферных растворов по определенным ионам металлов и для титрования ионов металлов. Исполыз. для устранения ингибирования катализируемых ферментами

Соединение

Некоторые характеристики

Na₂-соль(Этилендиокси)диэтиленди-
нитрилтетрауксусная кисло-
та (EGTA)p-ций следовыми кол-вами тяжелых металлов [ВЖ 79, 584 (1961); ВВА 64, 83 (1962); 77, 142 (1963)]. Слабый комплексообразователь для Ag⁺.

$pK_a < 2$; 2,7; 8,8; 9,5. При pH 7,0 H₂L²⁻. K₁ (Mg) 5,2; (Ca) 11,0; (Mn) 12,1; (Fe) 11,8; (Co) 12,3; (Ni) 11,8; (Cu) 17,7; (Zn) 12,9. K_{мин}^M (Mg) 3,4; (Ca) 5,3; (Mn) 7,0; (Fe) 6,4; (Co) 8,0; (Ni) 8,3; (Cu) 12,6; (Zn) 8,4. Исполыз. как хелатирующий агент для Ca²⁺ в присутствии Mg²⁺ [Helv. chim. Acta 47, 1801 (1964)].

^a Данные по константам устойчивости приведены в виде lg.**Б. Соединения, используемые в биохимических исследованиях, и их способность связывать металлы**

Соединение (синонимы)	Формула и молекулярная масса	Свойства и другие данные
Анионы^a		
Цианид CN ⁻		pK_a 2,4. При pH 7,0 HL. β ₄ (Ni) 12,0; (Cu) 25; (Zn) 16,9. β ₆ (Fe) 35; (Co) 19.
Фосфат PO ₄ ³⁻		pK_a 2,1; 7,2; 12,0. При pH 7,0 H ₂ L. K _{мин} ^M (Mg) 2,5; (Ca) 2,2; (Mn) 2,6; (Co) 2,2; (Ni) 2,1; (Cu) 3,2; (Zn) 2,4.
Пирофосфат P ₂ O ₄ ⁴⁻		pK_a 0,9; 2,0; 6,0; 9,1. При pH 7,0 HL ³⁻ . K ₁ (Mg) 4,7; (Ca) 5,0; (Co) 7,4; (Ni) 5,8; (Cu) 6,7. β ₂ (Ni) 7,3; (Cu) 9,0; (Zn) 6,5.
Тиоцианат SCN ⁻		При pH 7,0 L. K ₁ (Fe) 1,0; (Co) 1,2; (Zn) 1,6. β ₃ (Ni) 1,8; (Cu) 5,2.
Тиосульфат S ₂ O ₃ ²⁻		При pH 7,0 L ²⁻ . K ₁ (Mg) 1,8; (Ca) 2,0; (Mn) 2,0; (Fe) 2,2; (Co) 2,1; (Ni) 2,1; (Zn) 2,4. β ₂ (Cu) 12,3.
Трифосфат P ₃ O ₁₀ ⁵⁻		pK_a 5,4; 7,9. При pH 7,0 HL ⁴⁻ . K ₁ (Mg) 5,8; (Ca) 5,0; (Mn) 7,2; (Co) 8,1; (Ni) 7,9; (Cu) 9,8; (Zn) 7,6. K _{мин} ^M (Mg) 3,7; (Ca) 3,1; (Mn) 3,8; (Zn) 3,9.
Сульфат SO ₄ ²⁻		pK_a 2,0. При pH 7,0 L ²⁻ . K ₁ (Mg) 2,4; (Ca) 2,3; (Mn) 2,3; (Fe) 2,3; (Co) 2,5; (Ni) 2,4; (Cu) 2,2; (Zn) 2,3.

^a Другие анионы: AsO₄³⁻ и CO₃²⁻ образуют гл. обр. нераств. соли с двухвалентными металлами; с Cl возможны о. непрочные комплексы Mn, Fe, Cu; с F⁻ образуются непрочные комплексы Mg, Ni, Co, Zn, но этот анион обычно дает нерастворимые соли и прочные комплексы с трех- и четырехзарядными катионами; с NO₃⁻ возможно образование непрочных комплексов Co, Cu.

Гидролиз ионов металлов. В водн. раств. ионы двухзарядных металлов гидрол. в соответствии со схемой: M_{водн}²⁺ ↔ MON⁺ + H⁺ и далее MON⁺ ↔ M(OH)₂ + H⁺, т. е. в конце концов образуется нераств. гидроксид. pK_a образования MON⁺ соответствует pH, при котором M_{водн}²⁺ и MON⁺ присутствуют в равных конц. Приведем pK_a некоторых гидроксид-металлических катионов (указан лишь металл): Mg 11,4; Ca 12,6; Mn 10,6; Fe(II) 6,7; Fe(III) 2,5; Co 8,9; Ni 9,9; Cu 8,0; Zn 9,0. Др. значения см. [Dissociation constants of inorganic acids and bases, D.D. Perrin, Butterworths, London, 1969]. Осадок начинает образовываться при pH на 2-3 единицы ниже pK_a .

Соединение

Некоторые характеристики

Аминокислоты и родственные соединения

α -Аланин	pK_a 2,34; 9,87. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 2,0; (Ca) 1,2; (Mn) 3,1; (Co) 4,4; (Ni) 5,5; (Cu) 8,2; (Zn) 4,6. β_2 (Mn) 6,1; (Fe) 7,3; (Co) 7,9; (Ni) 10,0; (Cu) 15,0; (Zn) 8,6.
β -Аланин	pK_a 3,56; 10,22. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,1; (Co) 3,6; (Ni) 4,7; (Cu) 7,1; (Zn) 4,1. β_2 (Fe) 4,0; (Co) 6,1; (Ni) 8,1; (Cu) 12,6; (Zn) 7,2.
α -Аминомасляная кислота	pK_a 2,23; 9,63. При pH 7,0 HL. K_1 (Fe) 3,4; (Co) 4,3; (Ni) 5,5; (Cu) 8,2; (Zn) 4,5. β_2 (Co) 7,6; (Ni) 9,8; (Cu) 14,7; (Zn) 8,7.
Аргинин	pK_a 2,17; 9,36; (12, 48). При pH 7,0 H_2L^+ . K_1 (Mg) 1,3; (Ca) 2,2; (Mn) 2,6; (Fe) 3,2; (Co) 4,0; (Ni) 5,2; (Cu) 7,9; (Zn) 4,1. β_2 (Co) 7,2; (Ni) 9,5; (Cu) 14,6; (Zn) 8,1. β_3 (Co) 9,2.
Аспарагин	pK_a 2,16; 8,75. При pH 7,0 HL. K_1 (Co) 4,6; (Cu) 7,9. β_2 (Mg) 4,0; (Mn) 4,5; (Fe) 6,5; (Co) 8,3; (Ni) 10,6; (Cu) 14,4; (Zn) 8,7. β_3 (Co) 10,0.
Аспарагиновая кислота	pK_a 1,94; 3,70; 9,62. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 2,4; (Ca) 1,6; (Mn) 3,7; (Co) 5,9; (Ni) 6,7; (Cu) 8,6; (Zn) 5,8. β_2 (Fe) 8,5; (Co) 10,2; (Ni) 12,0; (Cu) 15,4; (Zn) 10,2.
Валин	pK_a 2,3; 9,7. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,8; (Co) 4,6; (Ni) 5,3; (Cu) 8,1; (Zn) 5,0. β_2 (Mn) 5,6; (Fe) 6,8; (Co) 8,4.
Глицилглицин	pK_a 2,91; 8,22. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 1,1; (Ca) 1,2; (Mn) 2,2; (Co) 2,9; (Ni) 4,1; (Cu) 5,6; (Zn) 3,5. β_2 (Co) 5,2; (Ni) 7,2; (Cu) 11,0; (Zn) 6,4.
Глицин	pK_a 2,43; 9,63. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 1,3; (Ca) 1,4; (Mn) 2,9; (Fe) 4,1; (Co) 4,6; (Ni) 5,7; (Cu) 8,1; (Zn) 5,0. β_2 (Mn) 5,5; (Fe) 7,7; (Co) 8,5; (Ni) 10,5; (Cu) 15,2; (Zn) 9,2. β_3 (Co) 10,8.
Гистамин	pK_a 6,10; 9,8. При pH 7,0 HL ⁺ . K_1 (Mn) 3,0; (Co) 5,2; (Ni) 6,8; (Cu) 9,6; (Zn) 5,7. β_2 (Co) 8,7; (Ni) 11,7; Cu 16,2; (Zn) 8,7. β_3 (Co) 10,0; (Ni) 14,9.
Гистидин	pK_a 1,82; 6,05; 9,17. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 3,4; (Co) 6,8; (Ni) 8,9; (Cu) 10,2; (Zn) 6,7. β_2 (Mn) 5,8; (Fe) 9,3; (Co) 13,9; (Ni) 15,9; (Cu) 18,3; (Zn) 11,8.
Глутаминовая кислота	pK_a 2,30; 4,28; 9,67. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 1,9; (Ca) 1,4; (Mn) 3,3; (Fe) 4,6; (Co) 4,5; (Ni) 5,9; (Cu) 7,9; (Zn) 5,5. β_2 Co 8,1; (Ni) 10,3; (Cu) 14,6; (Zn) 9,5.
Имидазол	pK_a 7,1. При pH 7,0 HL ⁺ . K_1 (Ca) 0,1; (Mn) 1,6; (Fe) 3,3; (Co) 2,4; (Ni) 2,9; (Cu) 4,2; (Zn) 2,0. β_2 (Mn) 2,9; (Fe) 6,4; (Co) 4,4; (Ni) 5,4; (Cu) 7,7; (Zn) 4,2. β_3 (Co) 6,0; (Ni) 7,3; (Cu) 10,1; (Zn) 6,6. β_4 (Co) 7,2; (Ni) 8,7; (Cu) 12,5; (Zn) 9,5.
Лейцин	pK_a 2,36; 9,60. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,8; (Fe) 3,4; (Co) 4,6; (Ni) 5,6; (Cu) 7,9; (Zn) 4,9. β_2 (Mn) 5,5; (Co) 8,3; (Ni) 10,2; (Cu) 14,3; (Zn) 8,9.
Лизин	pK_a 2,18, 9,18; 10,72. При pH 7,0 H_2L^+ . K_1 (Mn) 2; (Fe) 4,5; (Co) 3,6; (Ni) 5,5; (Cu) 7,6. β_2 (Co) 6,8; (Ni) 8,8; (Cu) 13,7; (Zn) 7,6.
Метионин	pK_a 2,20; 9,10. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,8; (Co) 4,4; (Ni) 5,2; (Cu) 8,0; (Zn) 4,4. β_2 (Mn) 4,8; (Fe) 6,7; (Co) 7,9; (Ni) 9,8; (Cu) 14,8; (Zn) 8,5.
Норлейцин	pK_a 2,25; 9,70. При pH 7,0 HL. K_1 (Ni) 5,4. β_2 (Mg) 4; (Mn) 5; (Fe) 8,6; (Co) 9,4; (Ni) 9,9; (Cu) 15,4; (Zn) 10,4.

Соединение	Некоторые характеристики
Орнигин	pK_a 1,96; 8,65; 10,7. При pH H_2L^+ . K_1 (Mn) 2; (Fe) 5,0; (Co) 4,0; (Ni) 4,9; (Cu) 6,9; (Zn) 4,1. β_2 (Co) 6,9; (Ni) 8,5; (Cu) 12,5; (Zn) 7,3.
Пролин	pK_a 1,93; 10,68. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,8; (Co) 5,0; (Ni) 6,2; (Cu) 8,9; (Zn) 5,1. β_2 (Mg) 4; (Mn) 5,5; (Fe) 8,3; (Co) 9,3; (Ni) 11,3; (Cu) 16,8; (Zn) 9,7.
Серин	pK_a 2,15; 9,60. При pH 7,0 HL. K_1 (Ca) 1,4; (Mn) 3,9; (Co) 4,5; (Ni) 5,4; (Cu) 7,9; (Zn) 4,7. β_2 (Mn) 6,3; (Fe) 7,0; (Co) 8,0; (Ni) 9,8; (Cu) 14,5; (Zn) 8,7.
Тирозин	pK_a 2,20; 9,19, 10,4. При pH 7,0 H_2L . K_{MHL}^M (Mg) 2; (Ca) 1,5; (Mn) 2,4; (Co) 4,0; (Ni) 5,1; (Cu) 7,9; (Zn) 4,2. $K_{MHL_2}^M$ (Fe) 7,1; (Co) 7,8; (Ni) 9,6; (Cu) 14,8; (Zn) 8,3.
Триптофан	pK_a 2,38, 9,39. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,9; (Fe) 2,9; (Co) 4,6; (Ni) 5,7; (Cu) 8,3; (Zn) 5,2. β_2 (Mg) 4; (Mn) 5; (Fe) 7,6; (Co) 8,5; (Ni) 10,2; (Cu) 15,9; (Zn) 9,3.
Фенилаланин	pK_a 1,85; 9,13. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 2,4; (Fe) 3,7; (Co) 4,1; (Ni) 5,6; (Cu) 8,3; (Zn) 4,4. β_2 (Fe) 6,3; (Co) 7,9; (Ni) 10,2; (Cu) 14,7; (Zn) 8,4.
Цистеин	pK_a 1,96; 8,48; 10,55. При pH 7,0 H_2L . K_1 (Mg) <4; (Mn) 4,6; (Fe) 6,2; (Co) 9,3; (Ni) 9,8; (Zn) 9,2. β_2 (Fe) 11,8; (Co) 16,9; (Ni) 20,2; (Zn) 18,2.
Цвиттерсионные буферы	
N-(2-Ацетамидо)-2-аминоэтансуль- фоная кислота (ACES)	pK_a 6,88. При pH 7,0 L^- . K_1 (Ca) 0,4; (Mn) 0,4; (Zn) 4,6
N-(2-Ацетамидо)иминодиуксусная кислота (ADA) ^a	pK_a 6,52. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Ca) 2,5; (Mn) 4,0; (Fe) 4,9; (Zn) 9,7.
2-(N-Морфоллино)этансульфоная кислота (MES) ^a	pK_a 6,15. При pH 7,0 L^- . K_1 (Ca) 0,8; (Mn) 0,7; (Fe) 0,7.
Трис(гидроксиметил)метиламин (трис; tris)	pK_a 8,09. При pH 7,0 HL^+ . K_1 (Cu) 2,6; (Zn) 4,0. β_2 (Cu) 4,5; (Zn) 7,6. β_3 (Zn) 11,0.
N-Трис(гидроксиметил)метилглицин (тридин; tricine) ^a	pK_a 8,15. При pH 7,0 HL. K_1 (Ca) 1,2; (Mn) 2,4; (Fe) 2,7; (Zn) 7,3.
Карбоновые кислоты	
Винная кислота	pK_a 2,88; 3,94. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Mg) 1,4; (Ca) 1,8; (Fe) 2,2; (Co) 2,4; (Ni) 3,1; (Cu) 3,4; (Zn) 2,7. β_2 Fe 5,0; (Ni) 5,4; (Cu) 5,8. K_1 (Fe ^{III}) 5,7. β_2 (Fe ^{III}) 10,5.
Глюконовая кислота	pK_a 3,56. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mg) 0,7; (Ca) 1,2; (Cu) 1,8; (Zn) 1,7.
Лимонная кислота	pK_a 3,1; 4,7; 6,4. При pH 7,0 L^{3-} . K_1 (Mg) 3,6; (Ca) 3,6; (Mn) 3,7; (Fe) 4,4; (Co) 5,0; (Ni) 5,4; (Cu) 5,9; (Zn) 5,0. K_{MHL}^M (Mg) 1,8; (Ca) 2,1; (Mn) 2,1; (Fe) 2,7; (Co) 3,0; (Ni) 3,3; (Cu) 3,4; (Zn) 3,0. $K_{MHL_2}^M$ (Ca) 1,2; (Co) 1,3; (Ni) 1,8; (Cu) 2,3; (Zn) 1,3.

^a «Хороший» буфер; см. ADA, HEPES, MES и т. д. [Biochem. 5, 467 (1966)]. Связывание Mg, Ca и Mn с PIPES, холаминхлоридом, BES, TES и HEPES незначительно, как и связывание Cu с HEPES, холаминхлоридом и PIPES. Для Cu + BES lg K_1 3,5, для Cu + TES 3,2.

Соединение	Некоторые характеристики
Малеиновая кислота	pK_a 1,92; 6,22. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Ca) 2,4; (Mn) 1,7; (Ni) 2,0; (Cu) 3,9; (Zn) 2,0.
Малоновая кислота	pK_a 2,62; 5,30. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Mg) 2,1; (Ca) 1,5; (Mn) 3,3; (Co) 3,0; (Ni) 3,3; (Cu) 5,0; (Zn) 3,0. β_2 (Fe) 2,2; (Co) 4,4; (Ni) 4,9; (Cu) 7,7; (Zn) 4,5.
Молочная кислота	pK_a 3,77. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mg) 0,9; (Ca) 1,1; (Mn) 0,9; (Co) 1,4; (Ni) 1,6; (Cu) 2,6; (Zn) 1,6. β_2 (Mg) 1,3; (Ca) 1,2; (Mn) 1,4; (Co) 2,3; (Ni) 2,7; (Cu) 3,9; (Zn) 2,8.
Муравьиная кислота	pK_a 3,77. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mg) 1,4; (Ca) 1,4; (Mn) 0,8; (Cu) 2,0.
Пировиноградная кислота	pK_a 2,5. При pH 7,0 L^- . K_1 (Ca) 0,8; (Mn) 1,3; (Ni) 1,2; (Cu) 2,2; (Zn) 1,3.
Пропионовая кислота	pK_a 4,7. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mg) 0,5; (Ca) 0,5; (Co) 0,8; (Cu) 2,2; (Zn) 1,0.
Уксусная кислота	pK_a 4,64. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mg) 0,5; (Ca) 0,5; (Mn) 1,2; (Fe) 1,4; (Co) 1,5; (Ni) 0,7; (Cu) 1,6; (Zn) 1,3. β_2 (Co) 1,9; (Ni) 1,3; (Cu) 2,7; (Zn) 2,1.
Фумаровая кислота	pK_a 3,02; 4,39. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Ca) 2,0; (Mn) 1,0; (Cu) 2,5.
Шавелевая кислота	pK_a 1,14; 3,85. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Mg) 2,6; (Ca) 3; (Mn) 3,9; (Fe) 4,7; (Co) 4,7; (Ni) 5,3; (Cu) 4,4; (Zn) 4,9. β_2 (Mg) 4,4; (Mn) 5,3; (Fe) 9,2; (Co) 6,7; (Ni) 12,9; (Cu) 8,5; (Zn) 7,4. β_3 (Fe) 14,4; (Ni) 14,0; (Zn) 8,2.
Яблочная кислота	pK_a 3,23; 4,77. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Mg) 1,6; (Ca) 1,9; (Mn) 2,2; (Co) 2,0; (Cu) 3,4; (Zn) 2,8. K_{MHL}^M (Mg) 1,7; (Ca) 2,0; (Co) 2,9; (Ni) 3,2; (Cu) 3,4; (Zn) 2,9.
Янтарная кислота	pK_a 3,90; 5,19. При pH 7,0 L^{2-} . K_1 (Mg) 1,2; (Ca) 1,2; (Co) 1,7; (Cu) 2,9; (Zn) 1,8. K_{MHL}^M (Ca) 0,5; (Co) 1,0; (Cu) 1,7; (Zn) 1,0.
Разные соединения, представляющие биологический интерес	
Аденин	pK_a 4,18; 9,7. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 3,1; (Ca) 3,0; (Mn) 3,4; (Co) 8,1; (Ni) 8,3; (Cu) 8,5; (Zn) 8,2. β_2 (Cu) 13,5.
Ауреомицин	pK_a 3,3; 7,44; 9,27. При pH 7,0 H_2L . K_1 (Mn) 4,3; (Fe) 5,7; (Co) 4,8; (Cu) 7,6; (Zn) 4,5. β_2 (Fe) 10,4; (Cu) 12,6.
Гипоксантин	pK_a 1,98; 8,94; 12,1. При pH 7,0 HL. K_1 (Mg) 6,7; (Ca) 6,5; (Mn) 6,9; (Co) 7,1; (Ni) 7,2; (Cu) 7,5; (Zn) 7,1. K_{MHL}^M (Mn) 2,4; (Fe) 3,9; (Co) 3,8; (Ni) 4,7; (Cu) 1,9.
Глюкозо-1-фосфат	pK_a 1,11; 6,13. При pH 7,0 HL^{2-} . K_1 (Ca) 2,5; (Mn) 2,3.
Глюкозо-6-фосфат	pK_a 0,94; 6,11. При pH 7,0 HL^{2-} . K_1 (Mn) 2,3.
Гуанозин	pK_a 2,2; 9,3. При pH 7,0 HL. K_1 (Fe) 4,8; (Co) 3,2; (Ni) 3,8; (Cu) 6,0; (Zn) 4,6. K_{MHL}^M (Cu) 2,2.
Инозин	pK_a 1,2; 8,8. При pH 7,0. HL. K_1 (Fe) 3,0; (Co) 2,6; (Ni) 3,3; (Cu) 5,0.
Ксантозин	pK_a 2,5; 5,67. При pH 7,0 L^- . K_1 (Fe) 2; (Co) 2,8; (Ni) 3,0; (Cu) 3,4; (Zn) 2,4.
Пиридин	pK_a 5,45. При pH 7,0 L^- . K_1 (Mn) 0,1; (Fe) 0,7; (Co) 1,1; (Ni) 1,9; (Cu) 2,5; (Zn) 1,4. β_2 Fe 1,0; (Co) 1,8; (Ni) 3,1; (Cu) 4,4; (Zn) 1,1.
Пиридоксамин	pK_a 3,37; 8,0; 10,1. При pH 7,0 H_2L^{2+} . K_1 (Mn) 3,6; (Co) 5,1; (Ni) 6,0; (Cu) 10,2; (Zn) 5,7. β_2 (Co) 9,6; (Ni) 10,9; (Cu) 16,0.

Соединение	Некоторые характеристики
Птероилглутаминовая кислота (фолиевая кислота)	pK_a 8,26. При pH 7,0 HL^{2-} . β_2 (Mn) 6; (Fe) 7,9; (Co) 8,1; (Ni) 9,0; (Cu) 7,8; (Zn) 7,5.
Рибофлавин	pK_a 3,6; 9,5. При pH 7,0 HL. K_1 (Mn) 3,7; (Fe) 7,1; (Co) 4,1; (Ni) 4,2; (Cu) 6,5; (Zn) 4,2. K_{MHL}^M (Mn) 3,2; (Co) 3,5; (Ni) 3,5; (Cu) 3,7; (Zn) 3,7.
Тетраамицин	pK_a 3,10; 7,26; 9,1. При pH 7,0 H_2L . K_1 (Mg) 3,8; (Mn) 4,3; (Fe) 5,6; (Co) 5,1; (Ni) 5,8; (Cu) 7,2; (Zn) 4,6. β_2 (Mn) 8,0; (Fe) 10,4; (Ni) 10,6; (Cu) 12,2.
Флавинадениндинуклеотид (ФАД; FAD)	$K_{каж}$ (pH 8,2) (Mg) 2,0; (Ca) 2,0; (Mn) 2,4; (Co) 2,4.
Флавиномононуклеотид (ФМН; FMN)	$K_{каж}$ (pH 8,2) (Mg) 2,1; (Ca) 2,1; (Mn) 2,2; (Co) 2,4.
Фосфоаргинин	$pK_a < 2$; 2,0; 4,5; 9,6; 11,2. При pH 7,0 HL^3 . K_{MHL}^M (Mg) 2,0.
2-Фосфоглицериновая кислота	K_1 (Mg) 2,4; (Mn) 3,1; (Co) 3,0; (Ni) 2,9; (Zn) 3,4.
Фосфоенолпировиноградная кислота	K_1 (Mg) 2,3; (Mn) 2,7; (Co) 3,5; (Ni) 2,3; (Zn) 3,0.
Фосфокреатин	pK_a 2; 2,7; 4,5. При pH 7,0 HL^3 . K_{MHL}^M (Mg) 1,6; (Ca) 1,3; (Mn) 2,0.

В. Нуклеотидные комплексы металлов

В раздел включена подробная информация для комплексов щелочных металлов, Mg^{2+} , Ca^{2+} и Mn^{2+} с ADP и ATP. В литературе существуют значительные расхождения в приводимых здесь данных [The enzymes, vol. 2. p. 3, Academic Press, New York, 1960]; при цитировании данных за основу приняты данные Бартон [BJ 71, 388 (1959)] и О' Салливана и Пиррина [BBA 52, 612 (1961); Biochem. 3, 18 (1964)]. (См. [The enzymes, vol. 6, p. 515, Academic Press, New York, 1962].) Для кажущихся констант устойчивости приведены pH. pK_a ATP 6,53 и 4,06; ADP 6,44 и 3,93 (25°C и 0,1 M KNO_3), т. е. лиганды при pH 8 полностью ионизованы.

Другие нуклеотидные комплексы металлов. Как правило, замена рибозы на дезоксирибозу или изменение природы пуринового или пиримидинового основания лишь незначительно влияет на константу устойчивости [The enzymes, vol. 2, p. 3, Academic Press, New York 1960; Biochemistry 3, 18 (1964); Acta Chem. Scand. 12, 528 (1958)]. Таким образом, приведенные данные можно распространить и на комплексы других нуклеотидов с Mg^{2+} и Ca^{2+} и, возможно, Mn^{2+} .

В литературе опубликованы также константы устойчивости (lg K) комплексов с другими металлами: Co(ATP)⁻ 4,62; Co(ADP) 3,68 [Acta Chem. Scand. 12, 528 (1958)]; Sr(ATP)²⁻ 3,03; Sr(ADP) 2,50 [JACS 78, 2376 (1956)]; Co(ATP)²⁻ 4,71; Ni(ATP)²⁻ 4,54; Zn(ATP)²⁻ 4,80; Cu(ATP)²⁻ 5,77 [Helv. Chim. Acta 44, 935 (1961)].

Оценены также константы устойчивости (lg K) комплексов металлов с ДНК и РНК ($\mu = 0,15$, pH 7,2, 0,11 M Na-барбитал): Mg(ДНК) 2,10; Ca(ДНК) 2,10; Mn(ДНК) 2,44; Mg(РНК) 2,32; Ca(РНК) 2,32 [ABB 72, 66 (1957)].

Комплекс	Условия	lg K	Литература
Mg(ADP) ⁻	0,085 M трибутилэтиламмонийбромид + 0,05 M триэтанолламин; pH 7,9; 25°C	3,34	BJ 71, 388 (1959)
	0,1 M N-этилморфолин; pH 8,0; 30°C	3,60	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,1 M тетрабутиламмонийбромид; 25°C	3,44	JACS 88, 2631 (1966)
	(K_{MHL}^M 1,82)		
	0,1 M KNO_3 ; 25°C (K_{MHL}^M 1,64)	3,17	JACS 89, 5585 (1967)

Комплекс	Условия	lg K	Литература
Ca(ADP) ⁻	0,085 М трибутилэтиламмоний бромид + + 0,05 М триэтанолламин; pH 7,9; 25°C	2,89	BJ 71, 388 (1959)
	0,1 М N-этилморфолин; pH 8,0; 30°C	3,34	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 1,60)	2,86	JACS 89, 5585 (1967)
Na(ADP) ²⁻	0,2 М тетраэтиламмонийбромид; 25°C	0,65	The enzymes, vol. 6, p. 515, Academic Press, New York, 1962; JBC 208, 615 (1954)
K(ADP) ²⁻	0,2 М тетраэтиламмонийбромид; 25°C	0,68	The enzymes, vol. 6, p. 515, Academic Press, New York 1962; JBC 208, 615 (1954)
Mn(ADP) ⁻	0,1 М тетраметиламмонийхлорид + + 0,05 М трис; pH 7,5	4,00	Nature, London. 193, 1037 (1962)
	0,1 М N-этилморфолин; pH 8,0; 30°C	4,40	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,05 М KNO ₃ + 0,05 М трис; pH 7,05; 38°C	3,89	ABB 92, 94 (1961)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 1,89)	4,16	JACS 89, 5585 (1967)
Zn(ADP)	0,1 М KCl; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,34)	4,13	Z. physiol. Chem. 313, 212 (1958)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,04)	4,28	JACS 89, 5585 (1967)
Mg(ATP) ²⁻	0,11 М трибутилэтиламмониевая соль; 25°C; pH 8,4	4,58	BJ 71, 388 (1959)
	0,1 М трис; 30°C; pH 8,0	4,30	BBA 52, 612 (1961)
	0,1 М триэтанолламин; 30°C; pH 8,0	4,80	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,1 М тетрабутиламмонийбромид; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,9)	4,63	JACS 88, 2631 (1966)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,29)	4,22	JACS 88, 668 (1966)
Ca(ATP) ²⁻	0,1 М трибутилэтиламмониевая соль; 25°C; pH 8,0	4,45	BJ 71, 388 (1959)
	0,1 М N-этилморфолин; 30°C; pH 8,0	4,40	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,165 М Na ⁺ ; pH 7,4, 37°C	3,82	Biochem. 3, 18 (1964); BJ 71, 388 (1959)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ = 2,13)	3,97	JACS 88, 668 (1966)
Na(ATP) ³⁻	0,1 М N-этилморфолин; 30°C; pH 8,0	1,18	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,2 М тетраметиламмониевая соль; 25°C	1,0	The enzymes, vol. 6, p. 515, Academic Press, New York, 1962; JBC 208, 615 (1954)
K(ATP) ³⁻	0,1 М N-этилморфолин; 30°C; pH 8,0	1,15	Biochem. 3, 18 (1964)
	0,2 М тетраметиламмониевая соль; 25°C	1,0	The enzymes, vol. 6, p. 515, Academic Press, New York, 1962; JBC 208, 615 (1954)
Mn(ATP) ²⁻	0,1 М тетраэтиламмонийхлорид + 0,05 М трис; pH 8,0	4,88	Nature, London 193, 1037 (1962)
	0,05 М N-этилморфолин; 25°C; pH 7,5	5,0	JBC 241, 3104 (1966)
	0,1 М тетраметиламмонийбромид; 30°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,62)	5,19	BBA 127, 35 (1966)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,39)	4,78	JACS 88, 668 (1966)
Zn(ATP) ²⁻	0,1 М тетраметиламмонийбромид; 30°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,91)	5,52	BBA 127, 35 (1966)
	0,1 М KNO ₃ ; 25°C ($K_{\text{MHL}}^{\text{M}}$ 2,67)	4,85	JACS 88, 668 (1966)
	0,1 М NaClO ₄ ; 25°C	5,21	BBA 148, 655 (1967)

Константы устойчивости нуклеотидных комплексов магния и некоторых других металлов

Лиганд	pK_a	Константа устойчивости (lg)
AMP	3,80; 6,23	K_1 (Mg) 1,8; (Ca) 1,8; (Mn) 2,4; (Co) 2,5; (Ni) 2,6; (Cu) 3,2; (Zn) 2,7
CMP	4,35; 6,35	K_1 (Mg) 1,8; (Ni) 1,9; (Zn) 2,5
CDP	4,56; 6,38	K_1 (Mg) 3,2; (Ni) 3,5. K_{MHL}^M (Ni) 1,9. K_{MHL}^{MM} (Mg) 1,6
CTP		K_1 (Mg) 2,0
IDP		K_1 (Mg) 2,4. K_{MHL}^M (Mg) 3,8
ITP	6,9	K_1 (Mg) 3,3; (Ca) 3,4; (Mn) 4,5; (Co) 5,0; (Ni) 5,1; (Cu) 5,8; (Zn) 4,6. K_{MHL}^M (Mg) 2,4
GDP		K_1 (Mg) 3,4
GMP	6,5	K_1 (Mg) 1,8
UMP		K_1 (Mg) 1,7
UDP		K (Mg) 3,5

18. рН, буферные системы и физиологические среды

Стандартизация и измерения рН

КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

Для диссоциации кислоты



термодинамическая константа диссоциации K_a определяется следующим образом:

$$K_a = \frac{a_{\text{H}^+} \cdot a_{\text{A}^-}}{a_{\text{HA}}} = \frac{c_{\text{H}^+} \cdot c_{\text{A}^-}}{c_{\text{HA}}} \cdot \frac{f_{\text{H}^+} \cdot f_{\text{A}^-}}{f_{\text{HA}}}$$
$$\text{p}K_a = -\lg K_a$$

где a – активность частицы в растворе, c – ее концентрация и f – коэффициент активности (конкретная частица указана в индексе).

Для диссоциации основания



$$K_a = \frac{a_{\text{H}^+} \cdot a_{\text{B}}}{a_{\text{BH}^+}}$$

Если коэффициентами активности можно пренебречь, получим формулу для классической или стехиометрической, константы диссоциации K_c (в биохимической литературе часто обозначается K_a):

$$K_c = \frac{c_{\text{H}^+} \cdot c_{\text{A}^-}}{c_{\text{HA}}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

где в квадратных скобках указаны концентрации соответствующих частиц.

В биохимической литературе не всегда четко проводится разграничение между термодинамической константой диссоциации, величину которой можно получить путем экстраполяции K_c к нулевому значению ионной силы ($I = 0$), и «экспериментальными» (кажущимися) значениями константы диссоциации, рассчитанными для данных экспериментальных условий (прежде всего для данной ионной силы). Поэтому, как правило, следует приводить условия измерения константы диссоциации, в частности ионную силу раствора. Отметим, что «практические» значения констант могут существенно (в некоторых случаях в 3 раза, т. е. 0,5 единицы рК) отличаться от термодинамических констант диссоциации.

ИЗМЕРЕНИЕ рН. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Имеется в виду, что измерения проводятся с помощью обычных (продажных) рН-метров со стеклянными электродами.

Градуировка. Для градуировки рН-метра необходимы по крайней мере два стандартных буферных раствора.

Температура. Измерения рН стандартных растворов при градуировке рН-метра и растворов с неизвестным рН должны выполняться при одинаковой температуре. Это требование не снимается и при использовании «температурного» компенсатора рН-метра, с помощью которого, как правило, компенсируется только изменение коэффициента наклона (отношение рН: э.д.с.) и лишь иногда сдвиг нулевой точки.

СВОЙСТВА БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Буферная емкость (рабочая область буфера). Ниже, где это возможно, приведены буферные емкости по ван Слайку; $\beta = db/dpH$ (db количество в эквивалентах (инкремент) сильного основания, добавленное к 1 л буферного раствора). Количество (инкремент) сильной кислоты равно инкременту сильного основания с обратным знаком $-db$; добавление кислоты вызывает уменьшение рН. Следовательно, db/dpH – всегда положительная величина.

Если для буфера не приведена его емкость, она может быть найдена из экспериментальных данных, а также вычислена теоретически. Для систем, содержащих слабую кислоту:

$$\beta = \frac{db}{dpH} \approx 2,303 \left(\frac{cKc_H}{(K + c_H)^2} + c_H + c_{OH} \right)$$

где c – общая молярная концентрация слабой кислоты НА и ее соли МА; K – константа диссоциации НА, c_H и c_{OH} – концентрации H_3O^+ и OH^- .

При рН 3 ÷ 11 буферная емкость определяется практически полностью первым слагаемым в скобках. Максимальный буферный эффект для концентрации c достигается при $c_H = K$ (рН $\approx$ рК), т.е. когда НА и МА присутствуют в эквивалентных количествах. Тогда истинная буферная емкость β_{max} :

$$\beta_{max} = \frac{2,303}{4} c$$

(на практике ионные взаимодействия в растворе ограничивают буферную емкость $\beta \approx 0,2$).

Если отношение между $[НА]$ и $[МА]$ увеличивается или уменьшается в 10 раз: $[НА]:[МА] = 10:1$ или $1:10$, то рН $\approx$ рК + 1 и рК – 1. При этом буферная емкость составляет $\sim \frac{1}{3} \beta_{max}$. При рН от рК – 1 до рК + 1 буферная емкость довольно значительна, но за пределами этого диапазона рН емкость буфера очень сильно уменьшается. Следовательно, рабочая область буфера ограничена ± 1 ед. рН относительно рК слабой кислоты.

Такие же рассуждения применимы к системам из слабого основания В и сопряженной с ним кислоты VH^+ ; пусть K_{bh} – константа диссоциации VH^+ ; $pK_{bh} = pK_w - pK_b$.

Водные растворы сильных кислот и оснований обычно не рассматриваются как буферные системы, однако они также проявляют буферные свойства при $\sim 2,4 > pH > \sim 11,6$ ($db/dpH \approx \approx 2,303(c_H + c_{OH})$).

Разбавление $\Delta pH_{1/2}$ представляет собой изменение рН, которое претерпевает раствор с первоначальной концентрацией c при разбавлении равным объемом чистой воды:

$$\Delta pH_{1/2} = (pH)_{c/2} - (pH)_c$$

Эта величина положительна, если рН раствора увеличивается, и отрицательна, если рН уменьшается.

Разбавление $\Delta pH_{1/2}$ для эквимольных буферных растворов аминов (рН 4,5 ÷ 9,5)

[Bates, Ann. N.J. Acad. Sci. **92**, 341 (1961)]

m , моль/кг	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,025	0,05	0,1
$\Delta pH_{1/2}$, ед. рН	–0,007	–0,010	–0,013	–0,017	–0,019	–0,023	–0,028

Солевой эффект. При добавлении нейтральной соли к буферному раствору его рН меняется. Из рассмотрения равновесий в данной буферной системе можно качественно оценить ожидаемый эффект. Ниже приведены количественные данные для некоторых буферных растворов.

Солевой эффект при добавлении нейтральной соли (0,1 М) к типичным буферным системам

[Bates, Determination of pH: theory and practice, 2nd edn. Wiley, New York, 1973]

Буферная система	ΔpH	Буферная система	ΔpH
0,005 М HCl	+ 0,10	0,005 М NH_3	0
0,005 М NaOH	− 0,10	0,005 М CH_3COOH	− 0,10
0,005 М CH_3COOH	0	0,005 М NH_3 0,005 М CH_3COONa	+ 0,10
		0,005 М NH_4Cl	

Солевой эффект при добавлении нейтральной соли к трем стандартным буферным растворам

[Bates, Determination of pH: theory and practice, 2nd edn. Wiley, New York, 1973]

Буферная система (+ нейтральная соль)	ΔpH (0,02 М соль)	ΔpH (0,05 М соль)
0,05 М КН-фталат (+ KCl)	− 0,019	− 0,044
0,025 М KH_2PO_4 + 0,025 М Na_2HPO_4 (+ NaCl)	− 0,022	− 0,051
0,01 М $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (+ NaCl)	− 0,014	− 0,035

Солевой эффект (в ед. pH) для буферных растворов на основе аминов при 25°C

[Bates, Ann. N. Y. Acad. Sci. **92**, 341 (1961)]

Содержание амина m , моль/кг	ΔpH при различных ΔI^a			
	0,01	0,02	0,05	0,1
0,01	+ 0,016	+ 0,027	+ 0,049	+ 0,070
0,02	+ 0,011	+ 0,020	+ 0,039	+ 0,058
0,05	+ 0,006	+ 0,012	+ 0,024	+ 0,039
0,1	+ 0,003	+ 0,007	+ 0,015	+ 0,025

^a Для солей типа 1:1 (NaCl , KNO_3) моляльная концентрация после добавления соли $m_s = \Delta I$; для солей типа 2:1 (Na_2SO_4) или 1:2 ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) $m_s = \frac{1}{3} \Delta I$.

Влияние температуры. По возможности, при приведении данных для буферных растворов указана температура или сделаны соответствующие поправки. Для разных буферных систем наблюдаются значительные различия в величинах $d\text{pH}/dt$.

Влияние ионов металлов. Бьеррум первый обнаружил корреляцию между родством ряда близкородственных лигандов к ионам водорода и их родством к данному иону металла. Таким образом, все буферы содержат потенциальные лиганды для комплексообразования с металлами.

Следует с особой тщательностью выбирать буферы при исследованиях комплексообразования металлов. Бытует мнение, что взаимодействие некоторых компонентов буферных систем на основе азотсодержащих соединений, например включающих N-этилморфолин, триэтаноламин и коллидин, с ионами щелочных и щелочноземельных металлов можно считать крайне незначительным (и даже с ионами переходных металлов). Однако такие буферы нельзя использовать без предварительных испытаний.

Стандартные растворы (N.B.S.) для измерения рН при 0–95°C

Bates, J. Res. Natl. Bur. Stand. 66A, 179 (1962)].

ПЕРВИЧНЫЕ СТАНДАРТЫ

Состав и свойства пяти первичных стандартных буферов при 25°C

	Буфер				
	Тартратный	Фталатный	Фосфатный D	Фосфатный E	Боратный
Главный компонент	$\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$	$\text{KH}_2\text{PO}_4(I) + \text{Na}_2\text{HPO}_4(2)$	$\text{KH}_2\text{PO}_4(I) + \text{Na}_2\text{HPO}_4(2)$	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Содержание главного компонента, г/л	Насыщенный раствор (25°C)	10,12	1–3,39 2 3,53	1 1,179 2 4,30	3,80
Моляльность <i>m</i> раствора, моль/кг	0,0341	0,05	1–0,025 2 0,025	1–0,008695 2 0,03043	0,01
Молярность <i>M</i> , моль/л	0,034	0,04958	1 0,02490 2 0,02490	1–0,008665 2–0,03032	0,009971
Плотность, г/мл	1,0036	1,0017	1,0028	1,0020	0,9996
рН (25°C)	3,557	4,008	6,865	7,413	9,180
Разбавление $\Delta\text{pH}_{1/2}$	+0,049	+0,052	+0,08	+0,07 ^a	+0,01
Буферная емкость β , экв./рН	0,027	0,016	0,029	0,016	0,020
$d \text{ рН } (S)/dt$ (ед. рН/°C)	–0,0014	+0,0012	–0,0028	–0,0028	–0,0082

^a Вычисленное значение.

рН (S) первичных стандартных буферов [при 0–60°C рН ±0,005; при 60–90°C рН ±0,008]

<i>t</i> , °C	рН буфера				
	Тартратный	Фталатный	Фосфатный D	Фосфатный E	Боратный
0		4,003	6,984	7,534	9,464
5		3,999	6,951	7,500	9,395
10		3,998	6,923	7,472	9,332
15		3,999	6,900	7,448	9,276
20		4,002	6,881	7,429	9,225
25	3,557	4,008	6,865	7,413	9,180
30	3,552	4,015	6,853	7,400	9,139
35	3,549	4,024	6,844	7,389	9,102
38	3,548	4,030	6,840	7,384	9,081
40	3,547	4,035	6,838	7,380	9,068
45	3,547	4,047	6,834	7,373	9,038
50	3,549	4,060	6,833	7,367	9,011
55	3,554	4,075	6,834		8,985
60	3,560	4,091	6,836		8,962
70	3,580	4,126	6,845		8,921
80	3,609	4,164	6,859		8,885
90	3,650	4,205	6,877		8,850
95	3,674	4,227	6,886		8,833

Приготовление стандартных буферных растворов. Состав описанных выше растворов, которые по бэйтс-гуггенхаймскому соглашению приняты в качестве стандартов (N.B.S.) рН(S),

указан в единицах моляльности (моль/кг). Ошибки в рН(S), возникающие из-за использования *x*-молярного раствора вместо *x*-моляльного, невелики для приведенных разбавленных растворов, но, если нужна точность до третьего знака после запятой, состав раствора должен быть определен более тщательно. Поэтому выше указаны также плотности этих стандартных растворов и молярная концентрация; это позволит готовить эти буферы объемными методами.

Буферные растворы следует хранить в емкостях из боросиликатного стекла (например, пирекс) или полиэтилена (чистого). Тартратный буфер может «зарастать» плесенью, что сопровождается увеличением рН, поэтому надо готовить новый раствор через каждые несколько дней; можно также добавлять к раствору тартрата несколько кристалликов тимола в качестве стабилизатора. Плесень может медленно появляться также во фталатном буфере; в фосфатных буферах может появляться осадок. Рекомендуется готовить эти буферы ежемесячно.

Из «буферных» солей только Na_2HPO_4 в значительной степени гигроскопична. Тартрат, фталат и фосфаты можно перед использованием высушивать при 110°C в течение 1–2 ч. Дигидрат тетраоксалата калия не следует сушить при температурах $>60^\circ\text{C}$, а буру не следует нагревать выше комнатной температуры. Для приготовления буферных растворов следует использовать дистиллированную воду хорошего качества (удельная проводимость $<2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при 25°C).

ВТОРИЧНЫЕ СТАНДАРТЫ

Состав и свойства двух вторичных стандартных буферов при 25°C

	Буфер	
	Тетраоксалатный	Гидроксидкальциевый
Главный компонент	$\text{KH}_3(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Содержание главного компонента, г/л (25°C)	12,61	Насыщенный раствор (25°C)
Моляльность <i>m</i> , моль/кг	0,05	0,0203
Молярность <i>M</i> , моль/л	0,04962	0,02025
Плотность, г/мл	1,0032	0,9991
рН (25°C)	1,679	12,454
Разбавление $\Delta\text{pH}_{1/2}$	+0,186	–0,28
Буферная емкость β , экв./рН	0,070	0,09
$d\text{pH}(\text{S})/d\text{t}$ (ед.рН/ $^\circ\text{C}$)	+0,001	–0,033

рН(S) вторичных стандартных буферов

<i>t</i> , $^\circ\text{C}$	рН буфера на основе		<i>t</i> , $^\circ\text{C}$	рН буфера на основе	
	тетраоксалата ^a	гидроксида кальция		тетраоксалата ^a	гидроксида кальция
0	1,666	13,423	40	1,694	11,984
5	1,668	13,207	45	1,700	11,841
10	1,670	13,003	50	1,707	11,705
15	1,672	12,810	55	1,715	11,574
20	1,675	12,627	60	1,723	11,449
25	1,679	12,454	70	1,743	
30	1,683	12,289	80	1,766	
35	1,688	12,133	90	1,792	
38	1,691	12,043	95	1,806	

^a См. выше замечания по высушиванию дигидрата тетраоксалата калия.

pK_a веществ, используемых для приготовления буферных систем

pK_a (25°C)	Компонент буфера	$\Delta pH/\Delta t$ (ед. pH/°C)
1,27 (k_1)	Щавелевая кислота	
1,97 (k_1)	Малеиновая кислота	
2,15 (k_1)	Фосфорная кислота	
2,35 (k_1)	Глицин ^a	
2,95 (k_1)	Фталевая кислота ^a	
3,02 (k_1)	Фумаровая кислота	
3,04 (k_1)	Винная кислота	
3,13 (k_1)	Лимонная кислота ^a	
3,14 (k_1)	Глицилглицин	
3,17	Фуранкарбоновая кислота	
3,71 (k_1)	β,β' -Диметилглутаровая кислота ^a	
3,75	Муравьиная кислота	
4,04	Барбитуровая кислота	
4,20	Бензойная кислота	
4,21 (k_1)	Янтарная кислота ^a	
4,27 (k_2)	Щавелевая кислота	
4,37 (k_2)	Винная кислота	
4,38 (k_2)	Фумаровая кислота	
4,76	Уксусная кислота ^a	0,000
4,76 (k_2)	Лимонная кислота ^a	
5,05 (k_2)	Яблочная кислота	
5,41 (k_2)	Фталевая кислота ^a	
5,64 (k_2)	Янтарная кислота ^a	
6,04 (k_2)	Гистидин	
6,09	2-(N-Морфолино)этансульфоновая кислота (MES) ^a	-0,011
6,12 (k_3)	Пирофосфорная кислота	
6,24 (k_2)	Малеиновая кислота ^a	
6,27	Какодиловая кислота ^a	
6,34 (k_2)	β,β' -Диметилглутаровая кислота ^a	
6,35 (k_1)	Угольная кислота ^a	
6,39	5(4)-Гидроксиметилимидазол	
6,40 (k_3)	Лимонная кислота	
6,57	N-(2-Ацетамидо)иминодиуксусная кислота (ADA)	-0,011
6,65 (k_2)	Глицерин-2-фосфорная кислота	
6,76	Пиперазин-N,N'-бис(2-этансульфоновая кислота) (PIPES)	-0,0085
6,82 (k_2)	Фосфорная кислота ^a	-0,003
6,85 (k_1)	Этилендиамин	-0,027
6,95	Имидазол ^a	
6,98 (k_2)	Мышьяковая кислота	
7,07	N,N-бис(2-гидроксиэтил)-2-аминоэтансульфоновая кислота (BES)	-0,016
7,15	3-(N-Морфолино)пропансульфоновая кислота (MOPS)	-0,011
7,40	N-(Трисгидроксиметил)метил-2-аминоэтансульфоновая кислота (TES)	-0,020
7,43	2,4,6-Коллидин ^a	
7,47	N-2-Гидроксиэтилпиперазин-N'-2-этансульфоновая кислота (HEPES) ^a	-0,015
7,52	5(4)-Метилимидазол	
7,67	N-Этилморфолин ^a	
7,76	Триэтаноламин	-0,020
7,95	N-2-Гидроксиэтилпиперазин-N'-3-пропансульфоновая кислота (EPPS) ^a	-0,011
7,98	Диэтилбарбитуровая кислота ^a	-0,014

pK_a (25°C)	Компонент буфера	$\Delta pH/\Delta t$ (ед. pH/°C)
8,05	N-((Трисгидроксиметил)метил)глицин (TRI-CINE) ^a	-0,021
8,08	Трис(гидроксиметил)аминометан ^a	-0,028
8,25	Глицилглицин	-0,026
8,26	N,N-Бис(2-гидроксиэтил)глицин (BICINE)	-0,018
8,36	2,5(4)-Диметилимидазол	
8,79	2-Амино-2-метилпропандиол-1,3 ^a	-0,029
8,80	2-Амино-2-этилпропандиол-1,3	
8,88	Диэтаноламин	-0,025
8,95 (k_4)	Пирофосфорная кислота	
9,11	4-Аминопиридин	-0,028
9,21	Серин	-0,025
9,24	Борная кислота ^a	
9,25	Аммиак	-0,031
9,50	Этаноламин	-0,030
9,50	2-(Циклогексиламино)этансульфоновая кислота (ЦГЭС; CHES)	-0,011
9,54	Эфедрин	
9,66	Гидроксипролин	
9,69	2-Амино-2-метилпропанол-1	-0,032
9,74	Лейцин	
9,78	Глицин ^a	-0,026
9,80	Триметиламин	
9,87	α -Аланин	-0,027
9,93 (k_2)	Этилендиамин	-0,029
10,00	Аспарагиновая кислота	
10,24	β -Аланин	-0,028
10,33 (k_2)	Угольная кислота ^a	-0,009
10,56	γ -Аминомасляная кислота	-0,030
10,57	<i>n</i> -Пропиламин	
10,62	Метиламин	
10,63	Этиламин	
10,64	<i>n</i> -Бутиламин	
10,72	Триэтиламин	
10,77	Диметиламин	
10,93 (k_2)	Гексаметилендиамин	-0,034
10,93	Диэтиламин	
11,12	Пиперидин	-0,031
12,38 (k_3)	Фосфорная кислота ^a	

^a Состав буфера приведен далее.

pK многих других соединений приведены в соответствующих разделах при описании свойств биохимических соединений.

Приготовление буферов. Буферы готовят путем растворения этих или других подходящих соединений и добавления кислоты или щелочи. Количество кислоты или щелочи можно вычислить из уравнения Хендерсона Хассельбаха, например для катионных буферов

$$pH = pK + \lg \frac{[\text{соль}]}{[\text{кислота}]}$$

Ниже приведены отношения $[\text{соль}]/[\text{кислота}]$, соответствующие pH от $pK - 1$ до $pK + 1$, т. е. рабочей области буфера.

pH	[соль] [кислота] ^a	pH	[соль] [кислота] ^a
pK - 1,0	0,10	pK + 0,1	1,26
-0,9	0,13	+0,2	1,58
-0,8	0,16	+0,3	2,00
-0,7	0,20	+0,4	2,51
-0,6	0,25	+0,5	3,16
-0,5	0,32	+0,6	3,98
-0,4	0,40	+0,7	5,01
-0,3	0,50	+0,8	6,31
-0,2	0,63	+0,9	7,94
-0,1	0,79	+1,0	10,0
pK	1,0		

^a Для катионных буферов [основание]/[соль].

Буферные растворы для pH 1 ÷ 13

Ниже приведены данные (состав, способ приготовления и pH) для буферных растворов, которые находят широкое применение в биохимии; при необходимости концентрацию и ионную силу легко можно менять, чтобы сделать их более подходящими для специальных целей. Как правило, pH этих растворов не были определены с высокой точностью (в таких случаях значения указаны с точностью до одного знака после запятой). Но в случаях, отмеченных звездочкой, pH были определены более точно (значения указаны с точностью до второго знака после запятой).

Растворы по Кларку-Лабсу, pH 1,0 ÷ 2,2*

[Bower, Bates, J. Res. Natn. Bur. Stand. **55**, 197 (1955)]

Состав: 25 мл 0,2 М KCl (14,919 г/л) + x мл 0,2 М HCl; разбавить H₂O до 100 мл.

pH (25 °C)	HCl x, мл	Буферная емкость β	pH (25 °C)	HCl x, мл	Буферная емкость β
1,00	67,0	0,31	1,70	13,0	0,060
1,10	52,8	0,24	1,80	10,2	0,049
1,20	42,5	0,19	1,90	8,1	0,037
1,30	33,6	0,16	2,00	6,5	0,030
1,40	26,6	0,13	2,10	5,1	0,026
1,50	20,7	0,10	2,20	3,9	0,022
1,60	16,2	0,077			

Буферные растворы, содержащие глицин-HCl, pH 2,2 ÷ 3,6 (25 °C)

[Sørensen, BZ **21**, 131 (1909); Gomori, Meth. Enzymol. **1**, 141 (1955)]

Глицин C₂H₅NO₂; M 75,07.

Состав: 25 мл 0,2 М глицина (15,01 г/л) + x мл 0,2 М HCl; разбавить H₂O до 100 мл.

pH (25 °C)	HCl x, мл	pH (25 °C)	HCl x, мл
2,2	22,0	3,0	5,7
2,4	16,2	3,2	4,1
2,6	12,1	3,4	3,2
2,8	8,4	3,6	2,5

*Растворы по Кларку–Лабсу, pH 2,2 ÷ 4,0**

[J. Res. natn. Bur. Stand. 55, 197 (1955)]

Состав: 50 мл 0,1 М КН-фталата (20,42 г/л) + x мл 0,1 М HCl; разбавить H₂O до 100 мл.

pH (25°C)	HCl x, мл	Буферная емкость β	pH (25°C)	HCl x, мл	Буферная емкость β
2,20	49,5				
2,30	45,8	0,036	3,20	15,7	0,030
2,40	42,2	0,035	3,30	12,9	0,026
2,50	38,8	0,034	3,40	10,4	0,023
2,60	35,4	0,033	3,50	8,2	0,020
2,70	32,1	0,032	3,60	6,3	0,018
2,80	28,9	0,032	3,70	4,5	0,017
2,90	25,7	0,033	3,80	2,9	0,015
3,00	22,3	0,034	3,90	1,4	0,014
3,10	18,8	0,033	4,00	0,1	0,014

Буферные растворы, содержащие лимонную кислоту–Na₂HPO₄ (по Макилвэйну), pH ~2,6 ÷ 7,6

[McIlvaine, JBC 49, 183 (1921)]

Моногидрат лимонной кислоты C₆H₈O₇·H₂O: M 210,14; 0,1 М раствор содержит 21,01 г/л.Na₂HPO₄: M 141,98; 0,2 М раствор содержит 28,40 г/л.Na₂HPO₄·2H₂O: M 178,05; 0,2 М раствор содержит 35,61 г/л.*Состав:* x мл 0,1 М лимонной кислоты + y мл 0,2 М Na₂HPO₄.

pH	0,1 М лимон- ная кислота x, мл	0,2 М Na ₂ HPO ₄ y, мл	pH	0,1 М лимон- ная кислота x, мл	0,2 М Na ₂ HPO ₄ y, мл
2,6	89,10	10,90	5,2	46,40	53,60
2,8	84,15	15,85	5,4	44,25	55,75
3,0	79,45	20,55	5,6	42,00	58,00
3,2	75,30	24,70	5,8	39,55	60,45
3,4	71,50	28,50	6,0	36,85	63,15
3,6	67,80	32,20	6,2	33,90	66,10
3,8	64,50	35,50	6,4	30,75	69,25
4,0	61,45	38,55	6,6	27,25	72,75
4,2	58,60	41,40	6,8	22,75	77,25
4,4	55,90	44,10	7,0	17,65	82,35
4,6	53,25	46,75	7,2	13,05	86,95
4,8	50,70	49,30	7,4	9,15	90,85
5,0	48,50	51,50	7,6	6,35	93,65

Буферные растворы, содержащие лимонную кислоту – цитрат натрия, pH 3,0 ÷ 6,2

[Hemington N., Dawson R. M. C., неопубликованные данные]

Моногидрат лимонной кислоты $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$: M 210,14; 0,1 М раствор содержит 21,01 г/л.

Дигидрат тринатриевой соли $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$: M 294,12; 0,1 М раствор содержит 29,41 г/л.

Состав: x мл 0,1 М лимонной кислоты + y мл 0,1 М тринатриевой соли лимонной кислоты.

pH	0,1 М лимонная кислота x , мл	0,1 М тринатриевая соль лимонной кислоты y , мл	pH	0,1 М лимонная кислота x , мл	0,1 М тринатриевая соль лимонной кислоты y , мл
3,0	82,0	18,0	4,8	40,0	60,0
3,2	77,5	22,5	5,0	35,0	65,0
3,4	73,0	27,0	5,2	30,5	69,5
3,6	68,5	31,5	5,4	25,5	74,5
3,8	63,5	36,5	5,6	21,0	79,0
4,0	59,0	41,0	5,8	16,0	84,0
4,2	54,0	46,0	6,0	11,5	88,5
4,4	49,5	50,5	6,2	8,0	92,0
4,6	44,5	55,5			

Буферные растворы, содержащие β, β' -диметилглутаровую кислоту – NaOH, pH 3,2 ÷ 7,6 (21°C)

[Stafford, Watson, Rand, BBA 18, 318 (1955)]

Буфер предложен для использования при изучении ферментов, когда требуется буфер с малым поглощением в УФ-свете. Никаких подробностей о приготовлении смесей не приведено. Приведенные ниже приблизительные значения pH были любезно предоставлены Р. Хемсом.

β, β' -Диметилглутаровая кислота $C_7H_{12}O_4$: M 160,2.

Состав: 50 мл 0,1 М β, β' -диметилглутаровой кислоты (16,02 г/л) + x мл 0,2 М NaOH; разбавить H_2O до 100 мл.

pH (21°C)	0,2 М NaOH x , мл	pH (21°C)	0,2 М NaOH x , мл
3,2	4,15	5,6	27,9
3,4	7,35	5,8	29,85
3,6	11,0	6,0	32,5
3,8	13,7	6,2	35,25
4,0	16,65	6,4	37,75
4,2	18,4	6,6	42,35
4,4	19,9	6,8	44,0
4,6	20,85	7,0	45,2
4,8	21,95	7,2	46,05
5,0	23,1	7,4	46,6
5,2	24,5	7,6	47,0
5,4	26,0		

Буферные растворы, содержащие ацетат натрия–уксусную кислоту, pH 3,7 ÷ 5,6

Тригидрат ацетата натрия $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; M 136,09; 0,2 М раствор содержит 27,22 г/л.

Состав: x мл 0,2 М NaOAc + y мл 0,2 М HOAc .

pH (18°C)	0,2 М NaOAc x , мл	0,2 М HOAc y , мл	pH (18°C)	0,2 М NaOAc x , мл	0,2 М HOAc y , мл
3,7	10,0	90,0	4,8	59,0	41,0
3,8	12,0	88,0	5,0	70,0	30,0
4,0	18,0	82,0	5,2	79,0	21,0
4,2	26,5	73,5	5,4	86,0	14,0
4,4	37,0	63,0	5,6	91,0	9,0
4,6	49,0	51,0			

Буферные растворы, содержащие янтарную кислоту– NaOH , pH 3,8 ÷ 6,0 (25°C)

[Gomori, Meth. Enzymol. 1, 141 (1955)]

Янтарная кислота $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$; M 118,09.

Состав: 25 мл 0,2 М янтарной кислоты (23,62 г/л) + x мл 0,2 М NaOH ; разбавляют H_2O до 100 мл.

pH (25°C)	0,2 М NaOH x , мл	pH (25°C)	0,2 М NaOH x , мл
3,8	7,5	5,0	26,7
4,0	10,0	5,2	30,3
4,2	13,3	5,4	34,2
4,4	16,7	5,6	37,5
4,6	20,0	5,8	40,7
4,8	23,5	6,0	43,5

Растворы по Кларку–Лабсу, pH 4,1 ÷ 5,9*

[Bower, Bates, J. Res. Natn. Bur. Stand. 55, 197 (1955)]

Состав: 50 мл 0,1 М KH -фталата (20,42 г/л) + x мл 0,1 М NaOH ; разбавляют H_2O до 100 мл.

pH (25°C)	0,1 М NaOH x , мл	Буферная емкость β	pH (25°C)	0,1 М NaOH x , мл	Буферная емкость β
4,10	1,3	0,016	5,10	25,5	0,031
4,20	3,0	0,017	5,20	28,8	0,030
4,30	4,7	0,018	5,30	31,6	0,026
4,40	6,6	0,020	5,40	34,1	0,025
4,50	8,7	0,022	5,50	36,6	0,023
4,60	11,1	0,025	5,60	38,8	0,020
4,70	13,6	0,027	5,70	40,6	0,017
4,80	16,5	0,029	5,80	42,3	0,015
4,90	19,4	0,030	5,90	43,7	0,013
5,00	22,6	0,031			

Буферные растворы, содержащие какодилат натрия – HCl, pH 5,0 ÷ 7,4 (15°C)
 [Plumel, Bull. Soc. Chim. Biol. **30**, 129 (1948)]

Тригидрат какодилата натрия $\text{Na}(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: M 214,02.

Состав: 50 мл 0,1 М $\text{Na}(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (21,40 г/л) + x мл 0,1 М HCl; разбавляют H_2O до 100 мл.

pH (15 °C)	0,1 М HCl x , мл	pH (15 °C)	0,1 М HCl x , мл
5,0	46,75	6,4	18,75
5,2	45,05	6,6	13,3
5,4	42,6	6,8	9,3
5,6	39,2	7,0	6,3
5,8	34,8	7,2	4,15
6,0	29,55	7,4	2,7
6,2	23,85		

Буферные растворы, содержащие кислый малеат натрия – NaOH, pH 5,2 ÷ 6,8 (25°C)

[Temple, JACS **51**, 1754 (1929)]

Кислый малеат натрия $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$: M 192,11; 0,2 М раствор получают растворением 23,2 г малеиновой кислоты в H_2O , добавляют 200 мл 1 М NaOH и разбавляют H_2O до 1 л.

Состав: 25 мл 0,2 М NaH-малеата + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H_2O до 100 мл

pH (25 °C)	0,1 М NaOH x , мл	pH (25 °C)	0,1 М NaOH x , мл
5,2	7,2	6,2	33,0
5,4	10,5	6,4	38,0
5,6	15,3	6,6	41,6
5,8	20,8	6,8	44,0
6,0	26,9		

Буферные растворы, содержащие трис(гидроксиметил)аминометан – малеат, pH 5,4 ÷ 8,4

[Gomori, PSEMB **68**, 354 (1948); Meth. Enzymol. **1**, 138 (1955)]

Состав: 25 мл 0,2 М трис-малеата (на 1 л раствора 24,2 г трис + 23,2 г малеиновой кислоты) + x мл 0,2 М NaOH; разбавляют H_2O до 100 мл.

$$dpH/dt \approx 0,0067 \text{ (ед./}^\circ\text{C)}$$

pH (23 °C)	0,2 М NaOH x , мл	pH (23 °C)	0,2 М NaOH x , мл
5,4	5,40	7,0	24,00
5,6	7,75	7,2	25,50
5,8	10,25	7,4	27,00
6,0	13,00	7,6	29,00
6,2	15,75	7,8	31,75
6,4	18,50	8,0	34,50
6,6	21,25	8,2	37,50
6,8	22,50	8,4	40,50

Буферные растворы, содержащие 2-(N-морфолино)этансульфоновую кислоту (MES)–NaOH, рН 5,4 ÷ 6,8

Состав: 25 мл 0,1 М MES (19,523 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 50 мл.

рН	0,1 М NaOH x, мл		рН	0,1 М NaOH x, мл	
	21°C	37°C		21°C	37°C
5,4	-	4,4	6,2	10,3	12,0
5,6	4,6	5,7	6,4	12,9	14,9
5,8	6,2	7,3	6,6	15,3	16,9
6,0	8,0	9,4	6,8	17,4	

Буферные растворы, содержащие Na₂HPO₄–NaH₂PO₄, рН 5,8 ÷ 8,0 (25°C)

[*Gotori, Sørensen, Meth. Enzymol* 1, 143 (1955)]

Na₂HPO₄·2H₂O: M 178,05; 0,2 М раствор содержит 35,61 г/л.

Na₂HPO₄·12H₂O: M 358,22; 0,2 М раствор содержит 71,64 г/л.

NaH₂PO₄·H₂O: M 138,01; 0,2 М раствор содержит 27,6 г/л.

NaH₂PO₄·2H₂O: M 156,03; 0,2 М раствор содержит 31,21 г/л.

Состав: x мл 0,2 М Na₂HPO₄ + y мл 0,2 М NaH₂PO₄; разбавляют H₂O до 100 мл.

рН (25°C)	0,2 М Na ₂ HPO ₄ x, мл	0,2 М NaH ₂ PO ₄ y, мл	рН (25°C)	0,2 М Na ₂ HPO ₄ x, мл	0,2 М NaH ₂ PO ₄ y, мл
5,8	4,0	46,0	7,0	30,5	19,5
6,0	6,15	43,85	7,2	36,0	14,0
6,2	9,25	40,75	7,4	40,5	9,5
6,4	13,25	36,75	7,6	43,5	6,5
6,6	18,75	31,25	7,8	45,75	4,25
6,8	24,5	25,5	8,0	47,35	2,65

*Растворы по Кларку–Лабсу, рН 5,8 ÷ 8,0**

[*Bower, Bates, J. Res. Natn. Bur. Stand.* 55, 197 (1955)]

Состав: 50 мл 0,1 М КН₂РO₄ (13,60 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 100 мл.

рН (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β	рН (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β
5,80	3,6		7,00	29,1	0,031
5,90	4,6	0,010	7,10	32,1	0,028
6,00	5,6	0,011	7,20	34,7	0,025
6,10	6,8	0,012	7,30	37,0	0,022
6,20	8,1	0,015	7,40	39,1	0,020
6,30	9,7	0,017	7,50	40,9	0,016
6,40	11,6	0,021	7,60	42,4	0,013
6,50	13,9	0,024	7,70	43,5	0,011
6,60	16,4	0,027	7,80	44,5	0,009
6,70	19,3	0,030	7,90	45,3	0,008
6,80	22,4	0,033	8,00	46,1	
6,90	25,9	0,033			

Буферные растворы на основе системы бикарбонат натрия - 5% CO₂, рН 6,0 ÷ 8,0 (37°C)

Согласно уравнению Хендерсона Хассельбаха

$$pH = pK' + \lg \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]}$$

Концентрации бикарбоната близки к указанным при колебаниях атмосферного давления в диапазоне 725 760 мм рт. ст. Температура: при температуре <37°C (>20°C) для получения желаемого рН концентрацию бикарбоната, приведенную в таблице, следует снижать на 1,88% на каждый градус.

рН (37°C)	Концентрация NaHCO ₃ (M 84,02) в равновесии с газовой фазой, содержащей 5% CO ₂ , моль/л	рН (37°C)	Концентрация NaHCO ₃ (M 84,02) в равновесии с газовой фазой, содержащей 5% CO ₂ , моль/л
6,0	5,86 · 10 ⁻⁴	7,2	9,29 · 10 ⁻³
6,2	9,29 · 10 ⁻⁴	7,4	1,47 · 10 ⁻²
6,4	1,47 · 10 ⁻³	7,6	2,33 · 10 ⁻²
6,6	2,33 · 10 ⁻³	7,8	3,70 · 10 ⁻²
6,8	3,70 · 10 ⁻³	8,0	5,86 · 10 ⁻²
7,0	5,86 · 10 ⁻³		

Буферные растворы, содержащие имидазол (глиоксалин) - HCl, рН 6,2 ÷ 7,8 (25°C)

[Mertz, Owen, PSEBM 43, 204 (1940)]

Имидазол C₃H₄N₂: M 68,08.

Состав: 25 мл 0,2 М имидазола (13,62 г/л) + x мл 0,2 М HCl; разбавляют H₂O до 100 мл

рН (25°C)	0,2 М HCl x, мл	рН (25°C)	0,2 М HCl x, мл
6,2	21,45	7,2	9,3
6,4	19,9	7,4	6,8
6,6	17,75	7,6	4,65
6,8	15,2	7,8	3,0
7,0	12,15		

Буферные растворы, содержащие 2,4,6-триметилпиридин (2,4,6-коллидин) – HCl, pH 6,4 ÷ 8,3

[Gomori, PSEBM 62, 33 (1946)]

2,4,6-Триметилпиридин $C_8H_{11}N$: M 121,18.

Состав: 25 мл 0,2 М 2,4,6-триметилпиридина (24,24 г/л) + x мл 0,2 М HCl; разбавляют H_2O до 100 мл.

pH		0,2 М HCl x, мл	pH		0,2 М HCl x, мл
23°C	37°C		23°C	37°C	
6,4	6,4	22,5	7,5	7,4	11,25
6,6	6,5	21,25	7,6	7,5	10,0
6,8	6,7	20,0	7,7	7,6	8,75
6,9	6,8	18,75	7,8	7,7	7,5
7,0	6,9	17,5	7,9	7,8	6,25
7,1	7,0	16,25	8,0	7,9	5,0
7,2	7,1	15,0	8,2	8,1	3,75
7,3	7,2	13,75	8,3	8,3	2,5
7,4	7,3	12,5			

Буферные растворы, содержащие морфолинопропансульфоновую кислоту (MOPS) – KOH, pH 6,6 ÷ 7,8 (22°C)

Состав: 25 мл 0,1 М MOPS (20,93 г/л) + x мл 0,1 М KOH; разбавляют H_2O до 50 мл.

pH	0,1 М KOH x, мл		pH	0,1 М KOH x, мл	
	22°C	37°C		22°C	37°C
6,4	-	5,8	7,2	11,5	16,4
6,6	4,8	7,8	7,4	15,0	19,3
6,8	6,7	10,1	7,6	18,0	21,8
7,0	8,7	13,0	7,8	20,6	

Буферные растворы, содержащие 5,5-диэтилбарбитурат натрия (веронал натрия; барбитон натрия) – HCl, pH 6,8 ÷ 9,6 (18°C)

[Britton, Robinson, JCS 1931, 1456]

5,5-Диэтилбарбитурат натрия $C_8H_{11}N_2O_3Na$: M 206,18; 0,04 М раствор содержит 8,25 г/л.

Состав: x мл 0,04 М диэтилбарбитурата натрия + y мл 0,2 М HCl.

pH (18°C)	0,04 М диэтил- барбитурата натрия x , мл	0,2 М HCl y , мл	pH (18°C)	0,04 диэтил- барбитурата натрия x , мл	0,2 М HCl y , мл
6,8	100	18,4	8,4	100	5,21
7,0	100	17,8	8,6	100	3,82
7,2	100	16,7	8,8	100	2,52
7,4	100	15,3	9,0	100	1,65
7,6	100	13,4	9,2	100	1,13
7,8	100	11,47	9,4	100	0,70
8,0	100	9,39	9,6	100	0,35
8,2	100	7,21			

Буферные растворы, содержащие N-этилморфолин – HCl, pH 7,0 ÷ 8,2 (20°C)

[Albert A., частное сообщение]

N-Этилморфолин $C_6H_{13}NO$: M 115,17. N-Этилморфолин должен быть сухим и свежеперегнанным ($t_{кип}$ 138 ÷ 139°C при 763 мм рт. ст.).

Состав: 50 мл 0,2 М N-этилморфолина (23,03 г/л) + x мл 1 М HCl; разбавляют H_2O до 100 мл.

pH (20°C)	1 М HCl x , мл	pH (20°C)	1 М HCl x , мл
7,0	8,0	7,8	4,0
7,2	7,1	8,0	2,9
7,4	6,1	8,2	2,0
7,6	5,0		

Буферные растворы, содержащие N-((трисгидроксиметил) метил) глицин (TRICINE) – NaOH, pH 7,4 ÷ 8,6 (37°C)

Состав: 25 мл 0,05 М TRICINE (8,958 г/л) + x мл 0,05 М NaOH; разбавляют H_2O до 50 мл.

pH	0,05 М NaOH x , мл		pH	0,05 М NaOH x , мл	
	22°C	37°C		22°C	37°C
7,4	-	8,4	8,2	12,4	18,6
7,6	5,5	10,8	8,4	15,2	21,2
7,8	7,3	13,5	8,6	17,8	23,2
8,0	9,6	16,0	8,8	19,8	-

*Буферные растворы, содержащие трис (гидроксиметил) аминокетан, рН 7,1 ÷ 8,9 (25°C) **

[Bates, Bower, Analyt. Chem. **28**, 1322 (1956)]

$C_4H_{11}NO_3$: M 121,14

Состав: 50 мл 0,1 М триса (12,114 г/л) + x мл 0,1 М HCl; разбавляют H_2O до 100 мл.

$$I = 0,001x$$

$$dpH/dt \approx -0,028 \text{ ед./град}$$

Раствор триса поглощает CO_2 из воздуха [Bates, Hetzer, Analyt. Chem. **33**, 1285 (1960)].

рН (25 °C)	0,1 М HCl x , мл	Буферная емкость β	$\Delta pH_{1,2}$ (расчит.)
7,10	45,7	0,010	
7,20	44,7	0,012	
7,30	43,4	0,013	
7,40	42,0	0,015	
7,50	40,3	0,017	—0,02
7,60	38,5	0,018	
7,70	36,6	0,020	
7,80	34,5	0,023	
7,90	32,0	0,027	
8,00	29,2	0,029	—0,02
8,10	26,2	0,031	
8,20	22,9	0,031	
8,30	19,9	0,029	—0,01
8,40	17,2	0,026	
8,50	14,7	0,024	
8,60	12,4	0,022	
8,70	10,3	0,020	—0,01
8,80	8,5	0,016	
8,90	7,0	0,014	

Буферные растворы, содержащие N-2-гидроксиэтилпиперазин-N'-этансульфоновую кислоту (HEPES) NaOH, рН 7,2 ÷ 8,2 (21°C)

Состав: 25 мл 0,1 М HEPES (23,83 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H_2O до 50 мл.

рН	0,1 М NaOH x , мл		рН	0,1 М NaOH x , мл	
	21 °C	37 °C		21 °C	37 °C
7,0		7,4	7,8	13,7	17,1
7,2	6,6	9,9	8,0	16,3	19,5
7,4	8,7	12,3	8,2	18,8	
7,6	11,2	14,6			

Буферные растворы, содержащие N-2-гидроксиэтилпиперазин-N'-3-пропансульфоновую кислоту (EPPS) – NaOH, рН 7,5 ÷ 8,7

Состав: 25 мл 0,1 М EPPS (25,232 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 50 мл.

рН	0,1 М NaOH x, мл		рН	0,1 М NaOH x, мл	
	23°C	37°C		23°C	37°C
7,3		5,9	8,1	11,7	14,8
7,5	5,4	7,8	8,3	14,2	17,3
7,7	7,1	10,0	8,5	16,8	19,6
7,9	9,3	12,4	8,7	19,3	–

Буферные растворы, содержащие 2-амино-2-метилпропандиол-1,3 – HCl, рН 7,8 ÷ 9,7

[Gomori, PSEBM 62, 33 (1946)]

2-Амино-2-метилпропандиол-1,3 C₄H₁₁NO₂: M 105,14.

Состав: 25 мл 0,2 М 2-амино-2-метилпропандиола-1,3 (21,03 г/л) + x мл 0,2 М HCl; разбавляют H₂O до 100 мл.

рН		0,2 М HCl x, мл	рН		0,2 М HCl x, мл
23°C	37°C		23°C	37°C	
9,7	9,6	2,5	8,7	8,6	13,75
9,6	9,4	3,75	8,6	8,5	15,0
9,4	9,3	5,0	8,5	8,4	16,25
9,3	9,1	6,25	8,4	8,3	17,5
9,1	9,0	7,5	8,3	8,2	18,75
9,0	8,9	8,75	8,2	8,1	20,0
9,0	8,8	10,0	8,0	7,9	21,25
8,9	8,8	11,25	7,8	7,7	22,5
8,8	8,7	12,5			

Буферные растворы, содержащие N,N-бис(2-гидроксиметил) глицин (BICINE) – NaOH, pH 7,9 ÷ 8,9 (22°C)

Состав: 25 мл 0,1 М BICINE (16,317 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 50 мл.

pH	0,1 М NaOH x, мл		pH	0,1 М NaOH x, мл	
	22°C	37°C		22°C	37°C
7,7	-	6,5	8,5	12,7	17,0
7,9	5,7	8,6	8,7	15,8	19,4
8,1	7,8	11,0	8,9	18,3	-
8,3	10,0	13,9			

*Растворы по Кларку–Лабсу, pH 8,0 ÷ 10,2 **

[Bower, Bates, J. Res. Natn. Bur. Stand. 55, 197 (1955)]

Состав: 50 мл 0,1 М KCl + H₃BO₃ (на 1 л раствора 7,455 г KCl + 6,184 г H₃BO₃) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 100 мл.

pH (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β	pH (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β
8,00	3,9				
8,10	4,9	0,010	9,20	26,4	0,029
8,20	6,0	0,011	9,30	29,3	0,028
8,30	7,2	0,013	9,40	32,1	0,027
8,40	8,6	0,015	9,50	34,6	0,024
8,50	10,1	0,016	9,60	36,9	0,022
8,60	11,8	0,018	9,70	38,9	0,019
8,70	13,7	0,020	9,80	40,6	0,016
8,80	15,8	0,022	9,90	42,2	0,015
8,90	18,1	0,025	10,00	43,7	0,014
9,00	20,8	0,027	10,10	45,0	0,013
9,10	23,6	0,028	10,20	46,2	

*Боратные буферные растворы, pH 8,1 ÷ 9,0 (25°C) **[Bates, Bower, Analyt. Chem. **28**, 1322 (1956)]*Состав:* 50 мл 0,025 М $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (9,525 г/л) + x мл 0,1 М HCl; разбавляют H_2O до 100 мл H_2O .

$$I \approx 0,025$$

$$dpH/dt \approx 0,008 \text{ ед./град}$$

pH (25 °C)	0,1 М HCl x , мл	Буферная емкость β	$\Delta pH_{1/2}$
8,10	19,7	0,009	+0,07
8,20	18,8	0,010	
8,30	17,7	0,011	
8,40	16,6	0,012	
8,50	15,2	0,015	
8,60	13,5	0,018	+0,05
8,70	11,6	0,020	
8,80	9,4	0,023	
8,90	7,1	0,024	+0,04
9,00	4,6	0,026	

Буферные растворы, содержащие глицин–NaOH, pH 8,6 ÷ 10,6 (25°C)[Gomori, Sørensen, Meth. Enzymol. **1**, 145 (1955)]Глицин (аминоуксусная кислота) $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$: M 75,07.*Состав:* 25 мл 0,2 М глицина (15,01 г/л) + x мл 0,2 М NaOH; разбавляют H_2O до 100 мл.

$$dpH/dt = -0,026 \text{ ед./град}$$

pH (25 °C)	0,2 М NaOH x , мл	pH (25 °C)	0,2 М NaOH x , мл
8,6	2,0	9,6	11,2
8,8	3,0	9,8	13,6
9,0	4,4	10,0	16,0
9,2	6,0	10,4	19,3
9,4	8,4	10,6	22,75

Буферные растворы, содержащие карбонат натрия – бикарбонат натрия, рН 9,2 ÷ 10,8

[Delory, King, BJ 39, 245 (1945)]

 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$: M 286,2; 0,1 М раствор содержит 28,62 г/л. NaHCO_3 : M 84,0; 0,1 М раствор содержит 8,40 г/л.Состав: x мл 0,1 М Na_2CO_3 + y мл 0,1 М NaHCO_3 .

рН		0,1 М Na_2CO_3	0,1 М NaHCO_3
20 °С	37 °С	V , мл	V , мл
9,2	8,8	10	90
9,4	9,1	20	80
9,5	9,4	30	70
9,8	9,5	40	60
9,9	9,7	50	50
10,1	9,9	60	40
10,3	10,1	70	30
10,5	10,3	80	20
10,8	10,6	90	10

Боратные буферные растворы, рН 9,3 ÷ 10,7 (25 °С) *

[Bates, Bower, Analyt. Chem. 28, 1322 (1956)]

Состав: 50 мл 0,025 М $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (9,525 г/л) + x мл 0,1 М NaOH ; разбавляют H_2O до 100 мл.

$$I = 0,001(25 + x)$$

$$dpH/dt \approx -0,008 \text{ ед./град}$$

рН (25 °С)	0,1 М NaOH	Буферная емкость β	$\Delta pH_{1,2}$
	V , мл		
9,30	3,6	0,027	+ 0,01 ^a
9,40	6,2	0,026	+ 0,01 ^b
9,50	8,8	0,025	
9,60	11,1	0,022	+ 0,01 ^a , + 0,01 ^b
9,70	13,1	0,020	
9,80	15,0	0,018	+ 0,01 ^b
9,90	16,7	0,016	
10,00	18,3	0,014	
10,10	19,5	0,011	– 0,01 ^a
10,20	20,5	0,009	0,00 ^b
10,30	21,3	0,008	
10,40	22,1	0,007	
10,50	22,7	0,006	
10,60	23,3	0,005	
10,70	23,8	0,004	

^a Экспериментальное значение.^b Рассчитанное значение

*Карбонатные буферные растворы, pH 9,7 ÷ 10,9 (25°C)**[Bates, Bower, Analyt. Chem. **28**, 1322 (1956)]Состав: 50 мл 0,05 М NaHCO₃ (4,20 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 100 мл.

$$I = 0,001(25 + 2x)$$

$$dpH/dt \approx -0,009 \text{ ед./град}$$

pH (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β	ΔpH _{1/2}
9,70	6,2	0,013	+ 0,02 ^a , + 0,03 ⁶
9,80	7,6	0,014	
9,90	9,1	0,015	+ 0,03 ⁶
10,00	10,7	0,016	+ 0,04 ^a
10,10	12,2	0,016	+ 0,04 ^a
10,20	13,8	0,015	
10,30	15,2	0,014	+ 0,02 ⁶
10,40	16,5	0,013	
10,50	17,8	0,013	
10,60	19,1	0,012	+ 0,03 ^a
10,70	20,2	0,010	0,00 ⁶
10,80	21,2	0,009	
10,90	22,0	0,008	

^a Экспериментальное значение.⁶ Рассчитанное значение.*Фосфатные буферные растворы, pH 11,0 ÷ 11,9 (25°C)**[Bates, Bower, Analyt. Chem. **28**, 1322 (1956)]Состав: 50 мл 0,05 М Na₂HPO₄ (7,10 г/л) + x мл 0,1 М NaOH; разбавляют H₂O до 100 мл.

$$I = 0,001(77 + 2x)$$

$$dpH/dt \approx -0,025 \text{ ед./град}$$

pH (25°C)	0,1 М NaOH x, мл	Буферная емкость β	ΔpH _{1/2}
11,00	4,1	0,009	
11,10	5,1	0,011	- 0,06 ^a , - 0,07 ⁶
11,20	6,3	0,012	
11,30	7,6	0,014	
11,40	9,1	0,017	- 0,09 ^a , - 0,10 ⁶
11,50	11,1	0,022	
11,60	13,5	0,026	
11,70	16,2	0,030	- 0,15 ⁶
11,80	19,4	0,034	- 0,13 ^a , - 0,17 ⁶
11,90	23,0	0,037	

^a Экспериментальное значение.⁶ Рассчитанное значение.

Буферные растворы, содержащие гидроксид натрия – хлорид калия рН 12,0 ÷ 13,0 (25°C) *[Bates, Bower, Analyt. Chem. **28**, 1322 (1956)]Состав: 25 мл 0,2 М КСl (14,91 г/л) + x мл 0,2 М NaOH; разбавляют Н₂O до 100 мл.

$$I = 0,001 (50 + 2x)$$

$$dpH/dt \approx -0,033 \text{ ед./град}$$

рН (25°C)	0,2 М NaOH x, мл	Буферная емкость β	ΔрН _{1/2} (рассчит.)
12,00	6,0	0,028	—0,28
12,10	8,0	0,042	
12,20	10,2	0,048	—0,28
12,30	12,8	0,060	
12,40	16,2	0,076	
12,50	20,4	0,094	—0,28
12,60	25,6	0,12	
12,70	32,2	0,16	
12,80	41,2	0,21	—0,28
12,90	53,0	0,25	
13,00	66,0	0,30	—0,27

Буферы для электрофореза

Буферные системы, описанные в других разделах, могут быть положены в основу электрофоретических буферов; предпочтительнее использовать буферные системы известной и постоянной ионной силы на основе однозарядных ионов.

В литературе описано множество буферных растворов для зонного электрофореза (на бумаге, в геле, колонке); поскольку многие из них были разработаны специально для какой-то конкретной цели, далее описаны лишь очень немногие из них.

**БУФЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА
НА ОСНОВЕ ОДНОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ**

При электрофорезе по методу движущейся границы важно, чтобы буферный ион с меньшей подвижностью имел тот же знак, что и белковый ион.

Подвижности ионов наиболее часто используемых буферов

Слабая кислота или основание	рК (25°C)	Подвижность иона в 0,1 М растворе, 10 ⁻⁵ см ² /(В·с)
Глицин	2,3	+15,6
Молочная кислота	3,8	—13,1
Уксусная кислота	4,7	—16,6
Какодиловая кислота	6,2	—10,1
Диэтилбарбитуровая кислота	7,9	—10,2
Триэтанолламин	7,9	+9,1
Диэтанолламин	9,0	+11,4
{ Натрий-ион		+22,2
{ Хлорид-ион		—37,0

Буферные растворы для бумажного электрофореза белков

pH	I	Компоненты (их содержание, г/л)
4,4	0,2	Na_2HPO_4 (9,44 г) + лимонная кислота (10,3 г)
4,5	0,1	NaCl (3,51 г) + NaOAc (3,28 г); доводят до pH 4,5 1 М HCl
6,5	0,1	KH_2PO_4 (3,11 г) + Na_2HPO_4 (1,49 г)
7,8	0,12	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,294 г) + Na_2HPO_4 (3,25 г)
8,6	0,05	Диэтилбарбитуровая кислота (1,84 г) + диэтилбарбитурат натрия (10,30 г)
8,6	0,075	Диэтилбарбитуровая кислота (2,76 г) + диэтилбарбитурат натрия (15,45 г)
8,6	0,1	Диэтилбарбитуровая кислота (3,68 г) + диэтилбарбитурат натрия (20,6 г)
8,9		Трис(гидроксиметил)аминометан (трис) (60,5 г) + этилендиаминтетрауксусная кислота (EDTA) (6,0 г) + борная кислота (4,6 г), т.е. 0,5 М трис + 0,021 М EDTA + 0,075 М H_3BO_3

Летучие буферные растворы для высоковольтного электрофореза

Приведены рабочие области рН различных систем, а также некоторые особые смеси, описанные в литературе.

pH	Система
~ 2	Уксусная кислота - муравьиная кислота
2,3 3,5	Пиридин - муравьиная кислота
3,5 6,0	Пиридин уксусная кислота
3,0 6,0	Триметиламин муравьиная или уксусная кислота
5,5 7,0	Коллидин - уксусная кислота
7,0 -12,0	Триметиламин диоксид углерода
6,0 10,0	Аммиак муравьиная или уксусная кислота
6,5 11,0	Моно(или три)этаноламин соляная кислота
8,0 9,5	Карбонат аммония аммиак

Обычные летучие буферные смеси

pH	Компоненты
1,9	CH_3COOH (87 мл, ледяная) + HCOOH (25 мл 88%-ная); H_2O до 1 л
2,1	HCOOH (25 мл 88%-ная); H_2O до 1 л
3,1	Пиридин (5 мл) + CH_3COOH (100 мл, ледяная); H_2O до 1 л
3,5	Пиридин (5 мл) + CH_3COOH (50 мл, ледяная); H_2O до 1 л
4,7	Пиридин (25 мл) + CH_3COOH (25 мл, ледяная); H_2O до 1 л
6,5	Пиридин (100 мл) + CH_3COOH (4 мл, ледяная); H_2O до 1 л
7,9	0,03 М NH_4HCO_3
8,9	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (20 г/л)

pH растворов некоторых широко используемых реагентов (температура комнатная)

[Bates R. G., Determination of pH: Theory and Practice, 2nd ed., Wiley, New York, 1964]

Вещество	Содержание, моль/л	~pH
Аммиак водный	0,1	11,3
Аммония оксалат	0,1	6,4
Аммония сульфат	0,1	5,5
Аммония фосфат однозамещенный	0,1	4,0
Аммония фосфат двухзамещенный	0,1	7,9
Аммония хлорид	0,1	4,6
Барбитал натрия	0,1	9,4
Бензойная кислота	Насыщенный раствор	2,8
Борная кислота	0,1	5,3
Бура	0,1	9,2
Винная кислота	0,1	2,0
Калия ацетат	0,1	9,7
Калия бикарбонат	0,1	8,2
Калия биоксалат	0,1	2,7
Калия карбонат	0,1	11,5
Калия фосфат однозамещенный	0,1	4,5
Кальция гидроксид	Насыщенный раствор	12,4
Квасцы аммонийные	0,05	4,6
Квасцы калиевые	0,1	4,2
Лимонная кислота	0,1	2,1
Натрия ацетат	0,1	8,9
Натрия бензоат	0,1	8,0
Натрия бикарбонат	0,1	8,3
Натрия бисульфат	0,1	1,4
Натрия гидроксид	0,1	12,9
Натрия карбонат	0,1	11,5
Натрия фосфат однозамещенный	0,1	4,5
Натрия фосфат двухзамещенный	0,1	9,2
Салициловая кислота	Насыщенный раствор	2,4
Соляная кислота	0,1	1,1
Трихлороуксусная кислота	0,1	1,2
Щавелевая кислота	0,1	1,3
Янтарная кислота	0,1	2,7

Кислотно-основные индикаторы

Индикатор	Растворитель (250 мл) + 0,1 г индикатора	Окраска		Рабочая область рН
		в кислоте	в щелочи	
Крезоловый красный (кислая область)	H ₂ O, содержащая 2,62 мл 0,1 М NaOH	Красная	Желтая	0,2 ÷ 1,8
м-Крезоловый пурпурный (кислая область)	H ₂ O, содержащая 2,72 мл 0,1 М NaOH	»	»	1,0 ÷ 2,6
Тимоловый синий (кислая область)	H ₂ O, содержащая 2,15 мл 0,1 М NaOH	»	»	1,2 ÷ 2,8
Тропеолин ОО	H ₂ O	»	»	1,3 ÷ 3,0
Метиловый желтый	90%-ный EtOH	»	»	2,9 ÷ 4,0
Бромфеноловый синий	H ₂ O, содержащая 1,49 мл 0,1 М NaOH	Желтая	Пурпурная	3,0 ÷ 4,6
Тетрабромфеноловый синий	H ₂ O, содержащая 1,0 мл 0,1 М NaOH	»	Синяя	3,0 : 4,6
Конго красный	H ₂ O или 80%-ный EtOH	Фиолетовая	Красно-оранжевая	3,0 ÷ 5,0
Метиловый оранжевый	H ₂ O (для кислотной формы индикатора) или H ₂ O, содержащая 3 мл 0,1 М HCl (для Na-соли)	Красная	Оранжево-желтая	3,1 ÷ 4,4
Бромкрезоловый зеленый (синий)	H ₂ O, содержащая 1,43 мл 0,1 М NaOH	Желтая	Синяя	3,6 : 5,2
Метиловый красный	H ₂ O (для Na-соли) или 60%-ный EtOH (для кислотной формы индикатора)	Красная	Желтая	4,2 ÷ 6,3
Хлорофеноловый красный	H ₂ O, содержащая 2,36 мл 0,1 М NaOH	Желтая	Фиолетово-красная	4,8 ÷ 6,4
Бромкрезоловый пурпурный	H ₂ O, содержащая 1,85 мл 0,1 М NaOH	»	Фиолетовая	5,2 ÷ 6,8
Азолитмин (лакмус)	H ₂ O	Красная	Синяя	5,0 ÷ 8,0
Бромтимоловый синий	H ₂ O, содержащая 1,6 мл 0,1 М NaOH	Желтая	»	6,0 ÷ 7,6
Феноловый красный	H ₂ O, содержащая 2,82 мл 0,1 М NaOH	Желтая	Красная	6,8 ÷ 8,4
Нейтральный красный	70%-ный EtOH	Красная	Оранжево-коричневая	6,8 : 8,0
Крезоловый красный (щелочная область)	H ₂ O, содержащая 2,62 мл 0,1 М NaOH	Желтая	Красная	7,2 ÷ 8,8
м-Крезоловый пурпурный (щелочная область)	H ₂ O, содержащая 2,62 мл 0,1 М NaOH	»	Пурпурная	7,6 ÷ 9,2
Тимоловый синий (щелочная область)	H ₂ O, содержащая 2,15 мл 0,1 М NaOH	»	Синяя	8,0 ÷ 9,6
Фенолфталеин	70%-ный EtOH (60%-ный целлозольв)	Неокрашенная (бесцветная)	Розовая	8,3 ÷ 10,0
Тимолфталеин	90%-ный EtOH	То же	Синяя	9,3 ÷ 10,5
Ализарин желтый	EtOH	Желтая	Красная	10,1 : 12,0
Тропеолин О	H ₂ O	»	Оранжевая	11,1 ÷ 12,7

Обычно доводят рН растворов индикаторов до промежуточной окраски с помощью 0,1 М NaOH или 0,1 М HCl.

Физиологические среды**Растворы Рингера (в модификации Кребса) для млекопитающих**

Состав указан в объемных долях. См. замечания к таблице.

Растворы для приготовления растворов Растворы Рингера (А - Д) и обогащенная сыворотка (Е) по Кребсу Рингера (все приблизительно изотоничны сыворотке)						
	А	Б	В	Г	Д	Е ^а
0,90%-ный NaCl (0,154 М)	100	100	80	83	95	
1,15%-ный KCl (0,154 М)	4	4	4	4	4	
1,22%-ный CaCl ₂ (0,11 М)	3 ^б	3 ^б	3 ^б		3 ^б	
2,11%-ный KH ₂ PO ₄ (0,154 М)	1	1	1	1	1	
3,8%-ный MgSO ₄ · 7H ₂ O (0,154 М)	1 ^в	1 ^в	1 ^в	1 ^в	1 ^в	
1,3%-ный NaHCO ₃	21 ^г		21 ^г	3	3	
0,1 М фосфатный буфер, рН 7,4 (17,8 г Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O + 20 мл 1 М HCl; разбавляют до 1 л)		21				
0,16 М пируват Na (или L-лактат)			4	4	4	3
0,1 М фумарат Na			7	7	7	6
0,16 М L-глутамат Na			4	4	4	3
0,3 М (5,4%-ная) глюкоза			5	5	5	5
0,1 М Na-фосфатный буфер [100 об. 0,1 М Na ₂ HPO ₄ (1,78%-ный Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O) + 25 об. 0,1 М NaH ₂ PO ₄ (1,38%-ный NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O)]				18	3	
Сыворотка из быстроохлажденной крови						100

^а Уравновешенный с газовой фазой, содержащей 5% CO₂.

^б Концентрация Ca²⁺ в 2 раза выше, чем в сыворотке [Nature, Lond. **184**, 1315 (1959)].

^в В заменителе сыворотки человека заменен на 50% на раствор 0,154 М MgCl₂.

^г Перед смешиванием с другими растворами газифицируют чистым (100%-ным CO₂) в течение 1 ч.

Замечания к таблице. А и Б -исходные бикарбонатный (А) и фосфатный (Б) растворы Рингера в модификациях Кребса и Хенселейта [ZPC **210**, 33 (1932); **217**, 193 (1933)]. Концентрация ионов Cl на ~20% выше, чем в сыворотке млекопитающих.

В -раствор I Рингера в модификации Кребса [BBA **4**, 249 (1950)]. Концентрация электролитов и органических кислот, как в сыворотке млекопитающих, и содержит внутренний субстрат.

Г -раствор II Рингера в модификации Кребса. Низкая концентрация бикарбоната, Ca²⁺ отсутствует [BBA **4**, 249 (1950)]. Пригоден для измерения продукции CO₂ путем прямого поглощения CO₂. Полезен для культивирования измельченных тканей и гомогенатов, так как более высокая и равномерная скорость дыхания достигается в средах, не содержащих Са. Концентрация фосфата в 20 раз выше, а бикарбоната в 10 раз ниже, чем физиологическая.

Д -раствор III Рингера в модификации Кребса. Низкое содержание фосфата, бикарбоната и CO₂. Пригоден для измерения продукции CO₂ путем прямого поглощения CO₂. Концентрация Са вдвое выше, чем концентрация ионизованного Са в сыворотке. Ограниченная буферная емкость.

Хранение. Сложный раствор, содержащий NaCl, KCl, CaCl₂, KH₂PO₄ и MgSO₄ ± 3 объема раствора NaHCO₃, не должен содержать осадка солей Са или Mg. Опасности микробного заражения можно избежать, если каждый исходный раствор готовить в 5 раз более концентрированным и разбавлять до требуемой концентрации непосредственно перед использованием. Растворы солей органических кислот и глюкозы должны быть свежеприготовленными или стерилизованными; хранить их можно замороженными.

Другие сбалансированные солевые растворы

Соли и глюкозу растворяют в воде для получения 100 мл раствора. Для стерилизации растворов, содержащих NaHCO_3 , нельзя использовать нагревание, так как происходят потери CO_2 , что вызывает «защелачивание» (повышение pH); стерилизацию растворов можно проводить путем фильтрования через бактериологические фильтры (нитроцеллюлозные или миллипоровские фильтры). Для рептилий можно использовать бикарбонатный раствор Рингера в модификации Кребса Хенселейта.

Раствор	Компонент раствора, г/100 мл										Примечания	
	NaCl	KCl	CaCl ₂ безводн.	MgSO ₄ · 7H ₂ O	MgCl ₂ · 6H ₂ O	NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O	Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O	KH ₂ PO ₄	Глюкоза	NaHCO ₃		Газ
Рингера (сердце лягушки)	0,65	0,014	0,012			0,001			0,2	0,02	Воздух	
Локка (сердце млекопитающих)	0,9	0,042	0,024						0,1 – 0,25	0,01 – 0,03	»	Для холоднокровных животных количество NaCl снижают до 0,65 г.
Тирода (кишечник кролика)	0,8	0,02	0,02		0,1	0,006			0,1	0,1	»	Некоторые исследователи используют 0,01 г MgCl ₂ (безводн.)
Гея (1)	0,7	0,037	0,017	0,007	0,021		0,015	0,003	0,1	0,227	5% CO ₂ в воздухе	
Гея (2)	0,8	0,0375	0,0275		0,021		0,015	0,0025	0,2	0,025	Воздух	
Симмса	0,8	0,02	0,0147		0,02		0,021		0,1	0,1	2% CO ₂ в воздухе	
Эрла	0,68	0,04	0,02	0,01		0,0125			0,1	0,22	5% CO ₂ в воздухе	
Хенкса	0,80	0,04	0,014	0,01	0,01		0,006	0,006	0,1	0,035	Воздух	Обычно добавляют 20 мг индикатора фенолового красного
Дюльбекко	0,80	0,02	0,01		0,01		0,115	0,02			»	
Рингера (амфибии)	0,65	0,025	0,03							0,2	»	pH доводят до 7,0 ÷ 7,4
Солевой (морские моллюски)	2,34		0,56		1,62						»	
Солевой (морские ракообразные)	2,92	0,075	0,44								»	
Солевой (пластинчатожаберные)	1,64	0,089	0,11			0,007			0,1	0,038		Добавляют также 2,16 г мочевины/100 мл
Локка (насекомые)	0,9	0,042	0,025						0,25	0,02	»	
Внатта (чешуекрылые)		0,298	0,081	0,37	0,304	0,127			0,07			Добавляют фруктозу и сахарозу, каждой по 40 мг/100 мл
Карлсона (прямокрылые)	0,7	0,02	0,002		0,01	0,023			0,08	0,005	Воздух	
Хольцфретера (амфибии и рыбы)	0,35	0,005	0,0076							0,02	»	
Коргланда (форель)	0,725	0,038	0,018	0,023		0,041			0,1	0,1	»	

Искусственная морская вода

1) Готовят из растворов, изотоничных морской воде. Соленость морской воды Атлантического океана составляет $3,50 \div 3,55\%$, морской воды Северного моря – $3,4 \div 3,5\%$.

Концентрация изотонического раствора, моль/л	Солевой компонент	Объемная доля, мл/л
0,54	NaCl	739,6
0,54	KCl	18,05
0,36	MgCl ₂	145,7
0,36	CaCl ₂	28,0
0,44	Na ₂ SO ₄	63,0
0,54	NaHCO ₃	4,6
0,54	NaBr	1,05 (в большинстве случаев может быть заменен на NaCl)

2) Готовят следующие растворы солей (указанное количество соли растворяют в воде и разбавляют водой до 1 л): NaCl (24,7 г); KCl (0,7 г); MgSO₄ · 7 H₂O (6,3 г); MgCl₂ · 6H₂O (4,6 г); CaCl₂ (1,0 г безводн.); NaHCO₃ (0,2 г).

19. Гель-электрофорез

Ниже описаны некоторые общие методики и реагенты, используемые при электрофорезе нуклеиновых кислот и белков в акриламидном и агарозном гелях. Приведены также работы, из которых взяты основные детали описываемых методик.

Перекристаллизация акриламидов

Осторожно! Акриламид и бисакриламид чрезвычайно токсичны, поэтому следует принимать соответствующие меры предосторожности, чтобы они не попали на кожу, а также чтобы исключить вдыхание мелких кристаллов.

Акриламид. 200 г растворяют в 1 л CHCl_3 , нагревают до кипения и фильтруют без отсасывания с помощью воронки для горячего фильтрования через фильтр ватман № 541. Фильтрат охлаждают до комнатной температуры и оставляют на ночь при -15°C . Выпавшие кристаллы отделяют путем фильтрования с отсасыванием, используя воронку с охлаждением, и промывают 300 мл холодного CHCl_3 . Кристаллы высушивают на воздухе в умеренно нагретом сушильном шкафу.

Бисакриламид. 100 г растворяют в 500 мл кипящего MeOH и фильтруют без отсасывания через воронку для горячего фильтрования. Фильтрат охлаждают до комнатной температуры и оставляют на ночь при -15°C . Выпавшие кристаллы собирают путем фильтрования с отсасыванием, используя воронку с охлаждением, и промывают 300 мл холодного MeOH . Кристаллы высушивают на воздухе в умеренно нагретом сушильном шкафу.

Краситель кумасси синий для белков

0,2 г кумасси бриллиантового синего растворяют в 90 мл $\text{MeOH}:\text{H}_2\text{O}$ (1:1, об./об.) и 10 мл ледяной уксусной кислоты. Гель погружают в пятикратный (относительно объема геля) объем раствора красителя на ≥ 1 ч; время от времени систему встряхивают. Прокрашивание обычно завершается за 3 ч. Фоновое окрашивание убирают повторным промыванием геля в 10%-ном растворе уксусной кислоты в 20%-ном водно-метанольном растворе. Удаление несвязавшегося красителя можно быстро осуществить электрофоретически [Anal. Biochem. **33**, 259 (1970)].

Известны различные варианты метода окрашивания кумасси бриллиантовым синим [JBC **244**, 440 (1969); J. Virol. **12**, 241 (1973); Biochem. **10**, 2606 (1971); Anal. Biochem. **43**, 173 (1971); Meth. Enzymol. **91**, 236 (1983)].

Окрашивание белков солями серебра

Этот метод в ~ 100 раз более чувствителен, чем окрашивание кумасси бриллиантовым синим, и сравним по чувствительности с радиоавтографией радиоактивно меченных белков. Упрощения и вариации первоначальной методики [Anal. Biochem. **98**, 231 (1979)] описаны в работах [Anal. Biochem. **105**, 361 (1980); Electrophoresis **2**, 135 (1983); Anal. Biochem. **129**, 277 (1983); **130**, 353 (1983); **131**, 46 (1983)].

Окрашивание РНК

Толуидиновый синий. 0,01–0,5%-ный раствор толуидинового синего в воде. Чем более интенсивно окрашивается гель, тем более длительное время требуется для отмывания его от красителя. Время окрашивания может варьировать от 1 мин до нескольких часов в зависимости от количества РНК в гелях. Гель отмывают от красителя в воде, многократно ее меняя и слегка взбалтывая.

Используются также другие основные красители, такие, как метиленовый синий; в литературе описано очень много методик [Anal. Biochem. **59**, 599 (1974)].

Метиленовый синий в концентрациях $>0,1\%$ так сильно окрашивает агарозу, что гель приходится отмывать в течение нескольких суток. Имеются сообщения, что в случае окрашивания толуидиновым синим, метиленовым синим и некоторыми другими красителями, но не бромидом этидия* (см.), наблюдается разрушение РНК в результате протекающей под действием света катализируемой красителем реакции [Anal. Biochem. **65**, 331 (1975)].

Бромид этидия. Гель окрашивают в 0,01%-ном растворе бромида этидия в 0,02 М ацетате натрия (рН 7,8). Полосы РНК видны в УФ-свете без отмывания от избытка красителя [Anal. Biochem. **65**, 331 (1975)]; используется также для окрашивания ДНК.

Серебряный краситель. Этот краситель более чувствителен, чем бромид этидия или толуидиновый синий. Однако биологическая активность РНК при этом, по-видимому, снижается. Упрощения и варианты исходного метода прокрашивания для белков описаны в работах [Anal. Biochem. **134**, 184 (1983); J. Virol. Methods **7**, 185 (1983)].

Окрашивание ДНК бромидом этидия

Гель погружают в разбавленный (наиболее подходящая концентрация 0,5 мкг/мл) раствор бромида этидия в воде или электродном буфере на $1 \div 2$ ч и следят за окрашиванием в УФ-свете [JMB **98**, 583 (1971)]. При определении небольших количеств ДНК может оказаться полезным кратковременное промывание водой.

Имеются данные, что при интенсивном освещении видимым светом в присутствии этидия могут происходить одноцепочечные разрывы молекул ДНК [J. Virol. **9**, 317 (1972)]. РНК также окрашивается.

Флюорография пластин акриламидных гелей

В первоначальном методе [EJB **46**, 83 (1974)] использовался 22%-ный РРО. Далее методика флюорографии была изменена; тонкослойная хроматография [Anal. Biochem. **89**, 247 (1978)] проводилась с использованием нафталина (т. е. не требовала дорогих реактивов, хотя не уступала по эффективности [Virology **113**, 1 (1981)]).

Гель фиксируют в смеси 10%-ная уксусная кислота - 10%-ный изопропанол (не менее 1 ч) и затем дважды по 30 мин вымачивают в ДМСО; после чего гель в течение 3 ч выдерживают в смеси свежеприготовленного 20%-ного (масс./об.) раствора нафталина (марки «техн.») с 0,5%-ным (масс./об.) раствором РРО в ДМСО. Реагент сливают, а ДМСО удаляют по крайней мере двумя промывками водой, по 1-2 ч каждая. Полное удаление ДМСО весьма существенно для предотвращения приклеивания гелей после высушивания.

Гель высушивают на бумаге ватман 3mm в вакууме при 100°C (подробнее о технике работы и т. д. см. в работе [Methods in Virology **5**, 179 (1971)]; имеется также коммерческий прибор).

Гель покрывают пленкой Kodak Xomat RP и экспонируют при -80°C . Предварительное засвечивание пленки может повысить чувствительность [EJB **46**, 83 (1974)]. Для грубой оценки можно считать, что после экспозиции в течение ночи (без предварительной засветки) в 1-см полосе регистрируется радиоактивность ^{14}C в количестве ~ 100 расп./мин.

Известен более быстрый метод регистрации с использованием в качестве флуоресцентной метки салицилата натрия [Anal. Biochem. **98**, 132 (1979)]. Однако при этом полосы получаются немного более размытыми, чем при работе с РРО или нафталином.

Гель вымачивают в 10 объемах 1 М салицилата натрия (рН $5 \div 7$) в течение 30 мин; высушивают в вакууме в течение 2 ч при 80°C и экспонируют с рентгеновской пленкой при -70°C .

Литература по гель-электрофорезу

А. Нуклеиновые кислоты. Молекулы РНК и ДНК разного размера (от мононуклеотидов до двуспиральных ДНК с молекулярными массами $>100 \cdot 10^6$) могут быть фракционированы по размеру с помощью электрофореза в твердых носителях в поперечно-сшитом полиакриламиде

* Осторожно! Бромид этидия - сильный мутаген; при работе с ним следует соблюдать чрезвычайную осторожность.

и/или агарозе. Для ДНК с большими M следует использовать агарозу. Обычно можно работать и с трубками гелей, и пластинами. Хотя трубки гелей очень удобны, пластины гелей также имеют свои преимущества: они приводят к более высокому разрешению, позволяют проводить более наглядное сравнение различных образцов нуклеиновых кислот, удобны для радиоавтографии. Пластины гелей более пригодны для крупномасштабной очистки нуклеиновых кислот.

Здесь невозможно в краткой форме описать все применяемые в гель-электрофорезе нуклеиновых кислот приемы; приведем лишь основные ссылки на литературу, где описаны необходимые детали: *Методы разделения нуклеиновых кислот и олигонуклеотидов*: Gould H., Mathews H. R., in: *Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology*, T. S. Work (eds.), North-Holland Publishing Co., 1976. См. также *Gel electrophoresis of nucleic acids: a practical approach*, D. Rickwood, B. D. Hames (eds.), IRL Press, Oxford, 1982.

РНК: BJ **102**, 251 (1967); *Methods in Virology* **5**, 125 (1971); *Meth. Enzymol.* **21**, 167 (1971); JMB **79**, 237 (1973); *Biochem.* **12**, 3055 (1973); *Biochem.* **12**, 4361 (1973); *Anal. Biochemistry.* **59**, 599 (1974); *Biochem.* **16**, 2763 (1977); *FEBS Lett.* **87**, 107 (1978).

Определение молекулярной массы РНК в денатурирующих условиях:

Формамид: *Nature*, *New Biol.* **235**, 108 (1972); *Biochem.* **13**, 5373 (1974); *EJB* **62**, 313 (1976);

Мочевина: *BBA* **324**, 320 (1973); *Virology* **60**, 515 (1974);

Формальдегид: *BBA* **240**, 448 (1971);

Глиоксаль: *PNAS* **74**, 4835 (1977);

Метилртуть: *Anal. Biochem.* **70**, 75 (1976); *Biochem.* **16**, 4743 (1977);

Элюирование РНК из гелей: JMB **63**, 41 (1972); JMB **87**, 377 (1974); *Anal. Biochem.* **68**, 36 (1975); *Anal. Biochem.* **74**, 198 (1976); *Aust. J. Biol. Sci.* **31**, 25 (1978); *FEBS Lett.* **98**, 319 (1979).

ДНК: *Anal. Biochem.* **79**, 1 (1977); JMB **110**, 119 (1977); *Nucleic Acids Res.* **5**, 653 (1978); *FEBS Lett.* **87**, 107 (1978); *Meth. Enzymol.* **68**, 152 (1979); *Meth. Enzymol.* **65**, 299, 305, 319 (1980).

Определение молекулярной массы ДНК: *Biochem.* **12**, 3055 (1973); *Biochem.* **14**, 3787 (1975); JMB **110**, 119 (1977).

Элюирование ДНК из гелей: *Anal. Biochem.* **66**, 213 (1975); *Anal. Biochem.* **79**, 1 (1977); JMB **110**, 119 (1977); *BBA* **520**, 498 (1978); *Gene* **4**, 213 (1978); *Meth. Enzymol.* **68**, 176 (1979); *Meth. Enzymol.* **65**, 371, 499 (1980).

Разделение цепей ДНК: *Virology* **49**, 342 (1972); *Anal. Biochem.* **83**, 666 (1977); *PNAS* **74**, 560 (1977).

Б. Белки. Белки как в недиссоциированной, так и в денатурированной форме можно фракционировать с помощью электрофореза в поперечно-сшитых полиакриламидных гелях. Обычно работают и с трубками гелей, и пластинами (пластины гелей имеют преимущество: они обеспечивают лучшее сравнение образцов белков, а также удобны для радиоавтографии и флюорографии). См. работы [*Methods in Virology* **5**, 179 (1971); *Gel electrophoresis of proteins: a practical approach*, B. D. Hames, D. Rickwood (eds.), IRL Press, London (1981)].

Методики: *Nature* **227**, 680 (1970); *Methods in Virology* **5**, 179 (1971); *Meth. Enzymol.* **22**, 412, 565 (1971); JMB **79**, 237 (1973); *Meth. Enzymol.* **91**, 190, 214 (1983); *Anal. Biochem.* **133**, 545 (1983).

Определение молекулярной массы: JBC **244**, 4405 (1969); *Meth. Enzymol.* **26**, 3 (1972); *Meth. Enzymol.* **48**, 3 (1978).

Белки с низкой молекулярной массой ($M_r < 10\,000$): *Anal. Biochem.* **39**, 462 (1971); *Biochem.* **15**, 2930 (1976); *Anal. Biochem.* **129**, 192 (1983).

Электрофорез нуклеопротеинов: *J. Gen. Virol.* **12**, 325 (1971); *Virology* **60**, 476 (1974).

Двумерный гель-электрофорез: *Meth. Enzymol.* **30**, 497–506 (1974); JBC **250**, 4007 (1975); *Cell* **12**, 1133 (1977); *Anal. Biochem.* **93**, 329 (1979); *Meth. Enzymol.* **91**, 190 (1983).

Автордиография и флюорография: *Methods in Virology* **5**, 179 (1971); *EJB* **46**, 83 (1974); *FEBS Lett.* **82**, 314 (1977); *Virology* **113**, 1 (1981); *Anal. Biochem.* **98**, 132 (1979).

Элюирование белков из гелей: *Anal. Biochem.* **77**, 168 (1977); *Anal. Biochem.* **128**, 7 (1983); *Virology* **123**, 284 (1982); *Meth. Enzymol.* **91**, 227, 263 (1983).

Метод «отпечатков пальцев» для белков, выделенных в ДСН-гелях: JBC **252**, 1102 (1977).

20. Бумажная и тонкослойная хроматография в биохимии. Методики разделения

1. Кислоты

ЛЕТУЧИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

Летучие жирные кислоты в настоящее время в основном разделяют методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ). При использовании бумажной или тонкослойной хроматографии, почти всегда работают в растворителе, содержащем летучее основание, например NH_3 , этиламин. В случае смешанного растворителя этанол-3 М NH_3 (95/6) типичны следующие значения R_f : муравьиная кислота 0,31, уксусная 0,33, пропионовая 0,44, масляная 0,54, валерьяновая 0,60, капроновая 0,68. Детекцию осуществляют рН-индикаторными методами. Метод обнаружения, основанный на получении солей тяжелых металлов и используемый в случае высших жирных кислот, неприменим, так как соли летучих жирных кислот слишком хорошо растворимы в воде.

1. Индикаторы.

Хроматограмму опрыскивают 0,04%-ным раствором бромокрезолового зеленого в этиловом спирте или воде; раствор индикатора должен иметь синюю окраску (рН 7,5), для чего добавляют NaOH. Анионы дают желтые, а катионы синие пятна на бледно-голубом фоне. При работе в качестве индикатора с раствором бромотимолового синего пятна проявляются на зеленом фоне. Чувствительность 5 мкг. Если растворитель содержал аммиак или этиламин, указанные цвета проявляются лишь в том случае, если перед опрыскиванием бумага была высушена при 95°C в течение 5 мин для разложения солей. При высушивании бумаги при комнатной температуре в течение короткого времени и последующем опрыскивании 2%-ным раствором бромокрезолового зеленого в этаноле, аммонийные или этиламмонийные соли дают синие пятна на зеленовато-желтом фоне.

2. Модифицированные методики.

1) Хроматограмму опрыскивают 0,04%-ным раствором бромокрезолового пурпурного в смеси формалин EtOH (1:5) с рН 5 (при необходимости добавляют NaOH). Далее хроматограмму обрабатывают аммиаком. Кислоты дают желтые пятна на пурпурном фоне.

2) Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным водным раствором тимолового синего (раствор красителя должен иметь глубоко-синий цвет, что соответствует рН 10, при необходимости добавляют NaOH). Соли аммония дают желтые пятна на синем фоне.

ВЫСШИЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ

Для разделения высших жирных кислот в настоящее время чаще всего используют метод ГЖХ, хотя в случае геометрических изомеров ненасыщенных кислот для их идентификации обычно применяют ТСХ на пластинках, покрытых смесями кремневая кислота-AgNO₃.

1. *Индикатор.* Хроматограмму опрыскивают 0,4%-ным раствором бромотимолового синего в метилцеллозольве. Кислоты дают желтые пятна на синем фоне.

2. *Липофильные красители.* Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором родамина В в воде или 0,5 М HCl. В УФ-свете жирные кислоты обнаруживаются по ярко-красной флуоресценции. Чувствительность 10 ÷ 100 мкг. Используется также нильский синий, флуоресцентные индикаторы, хинин и акридиновый оранжевый.

3. *Соли жирных кислот (мыла).* Хроматограмму погружают в 1%-ный водный раствор ацетата свинца и промывают водой. После высушивания обрабатывают сероводородом. Кислоты дают коричневые пятна на белом или светлом желтовато-коричневом фоне. Таким образом можно

определять 0,5 мкг стеариновой кислоты. Вместо обработки сероводородом бумагу можно погрузить в насыщенный водный раствор калиевой соли родизоновой кислоты с последующим промыванием водой до полного исчезновения окрашивания промывных вод. В результате образуются пурпурные пятна родизоната свинца на светло-розовом фоне. Этот способ немного менее чувствителен, чем обработка сероводородом.

4. *Взаимодействие по ненасыщенным связям.* Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором тетраоксида осмия. Ненасыщенные кислоты медленно проявляются черными пятнами. См. также разд. 5 «Липиды». Для определения ненасыщенных жирных кислот можно использовать и пары иода, поскольку насыщенные кислоты реагируют гораздо хуже.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТ, УЧАСТВУЮЩИХ В МЕТАБОЛИЗМЕ УГЛЕВОДОВ

Были описаны различные растворители, но наиболее частое употребление для бумажной хроматографии получила смесь *n*-пропанол - 2 М NH_3 (7:3). Значения R_f для кислот: лимонная и изолимонная 0,11, *цис*- или *транс*-аконитовые 0,14, шавелевая 0,17, винная 0,18, яблочная 0,20, янтарная 0,23, фумаровая 0,27, глутаровая 0,27, адипиновая 0,30, глицериновая 0,37, гликолевая 0,38, молочная 0,47, 2-гидроксимасляная 0,54.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ

1. *Индикаторы.* После элюирования сильноокислыми хроматографическими растворителями бумагу высушивают в течение 1 ч при 60°C, а затем при комнатной температуре в течение 2 ÷ 3 ч. Опрыскивают 0,04%-ным раствором бромфенолового синего в 95%-ном этаноле (раствор красителя должен иметь пурпурный оттенок, pH 5, добавляют NaOH) или бромокрезоловым зеленым (синий оттенок). Несколько капель раствора аммиака, добавленных непосредственно перед опрыскиванием, обеспечивают лучшую контрастность хроматограммы. Определение с бромотимоловым синим имеет более низкий предел обнаружения, но окраска менее устойчива.

После элюирования щелочными растворителями, если кислоты разделяют в виде аммонийных солей, проводят по выбору следующие операции:

1) Хроматограмму нагревают до 95°C в течение 5 мин, а затем опрыскивают 0,04%-ным водным раствором хлорофенолового красного (pH 4,7). Анионы дают ярко-желтые пятна на розовато-лиловом фоне.

2) Хроматограмму опрыскивают раствором фенолового красного, (50 мг фенолового красного растворяют в смеси 20 мл 96%-ного EtOH + 2 мл 1 М NaOH; разбавляют до 100 мл H_2O). Кислоты дают ярко-желтые пятна на красном фоне.

2. *Диметилглиоксим биурет никеля.* Хроматограмму сначала высушивают на воздухе, а затем тщательно обрабатывают паром для удаления даже следов летучего кислого растворителя. Далее погружают в а) 1%-ный раствор диметилглиоксима в 95%-ном этаноле; слегка подсушивают; б) опрыскивают свежеприготовленным щелочным раствором биурета никеля (1 г гептагидрата сульфата никеля растворяют в 50 мл H_2O , при нагревании растворяют 1 г биурета). Добавляют 10 мл 1 М NaOH, выдерживают 30 мин и фильтруют для удаления гидроксида никеля. Кислоты проявляются в виде устойчивых пятен от розовой до красной окраски на бесцветном фоне. Через 2 мин хроматограмму дважды промывают смесью 400-500 мл этанол - 0,88 NH_3 (1:1) в течение 2 мин. Чувствительность 10 мкг.

3. *Меркурохром.* Хроматограмму опрыскивать 0,1%-ным раствором меркурохрома в этаноле. Кислоты дают белые пятна на розовом фоне или в УФ-свете фиолетовые пятна на зеленовато-желтом флуоресцирующем фоне.

4. *Множественная обработка в случае смеси аминокислоты + кислоты + сахара.* Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором нингидрина в бутиловом спирте, насыщенном водой, и высушивают при 70°C. Отмечают аминокислоты (1 - 5 мкг). Опрыскивают вторично 0,1%-ным раствором метилового красного в этаноле (с помощью NaOH pH красителя устанавливается таким, чтобы на бумаге раствор сразу давал оранжевое окрашивание). Хроматограмму высуши-

вают на воздухе. Органические кислоты (25 мкг) дают красные пятна. Проводят третье опрыскивание 3,5-динитросалицилатом (см. разд. «Углеводы»). Хроматограмму высушивают на воздухе, затем нагревают при 105°C пока не появятся черные пятна восстанавливающих сахаров (15 мкг). Хроматограмму можно хранить в темноте при комнатной температуре в течение 2 недель. Невосстанавливающие сахара дают серо-зеленые пятна (60 мкг).

5. *Семикарбазидгидрохлорид*. Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором семикарбазидгидрохлорида в 0,15%-ном водном ацетате натрия; нагревают при 110°C. Свободные кетокислоты проявляются в УФ-свете в виде темных пятен на слегка флуоресцирующем фоне.

6. *о-Фенилендиамин*. Хроматограмму опрыскивают 0,05%-ным раствором о-фенилендиамина в 10%-ной водной трихлоруксусной кислоте; нагревают при 100°C в течение 2 мин. В УФ-свете α-кетосоединения обнаруживаются по желто-зеленой флуоресценции.

КИСЛОТЫ И ГИДРОКСИКИСЛОТЫ АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА

7. *2,6-Дибромохинон-4-хлороимид**. Хроматограмму опрыскивают 0,33%-ным раствором 2,6-дибромохинон-4-хлороимида в безводной смеси диоксан–ацетон ((4:1); опрыскивают разбавленным аммиаком. Фенольные соединения дают синюю, зеленую и серую окраску.

8. *Хлорное железо*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в воде или насыщенным раствором безводного хлорного железа в безводном диоксане или хлороформе. Большинство фенольных соединений даст красно-фиолетовые пятна; производные пирокатахи-на зеленые пятна.

9. *Флуоресцирующие гидроксипроизводные*. Хроматограмму опрыскивают 0,3%-ным раствором пероксида водорода. Влажную хроматограмму облучают УФ-светом. Через несколько минут некоторые ароматические кислоты дают синие флуоресцирующие пятна.

ТРИКАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

10. *Реагент Фурта – Херманна*. Хроматограмму опрыскивают смесью уксусная кислота – пиридин (1:9); нагревают 5 мин при 100°C. Трикарбонные кислоты дают пятна от желтого до красного цвета, которые флуоресцируют в УФ-свете. Глюкуроновая и аскорбиновая кислоты дают желтые пятна; аконитовая коричневые; итаконная оранжевые.

2. Альдегиды и кетоны

ОБНАРУЖЕНИЕ

1. *2,4-Динитрофенилгидразин*. Хроматограмму опрыскивают 0,4%-ным раствором 2,4-динитрофенилгидразина в 2 М НСl. Карбонильные соединения дают желтые пятна, которые становятся красно-коричневыми при обработке 10%-ным NaOH, а α-дикарбонильные соединения дают пурпурную окраску.

2. *Орцин*. Хроматограмму опрыскивают раствором орцина (0,5 г орцина + 15 г трихлоруксусной кислоты; разбавляют *n*-бутанолом, насыщенным водой, до 100 мл). Альдегиды дают окрашенные пятна (окраска зависит от времени и температуры при высушивании, например 25°C и 5 ÷ 10 мин, 50°C и 1 или 10 мин, 100°C и 1 или 5 мин). Характерную окраску, в основном розовую, дает ванилин и другие ароматические альдегиды.

2,4-Динитрофенилгидразоновые производные летучих альдегидов и кетонов

3. *Гидроксид натрия*. Хроматограмму опрыскивают 10%-ным раствором NaOH. Желтые пятна 2,4-динитрофенилгидразонов переходят в красно-коричневые.

* Осторожно! При температурах $\geq 50^\circ\text{C}$ взрывоопасен.

3. Амины

Невозможно привести исчерпывающий перечень растворителей, которые использовались для разделения аминов методами хроматографии на бумаге или в тонком слое, но наиболее пригодными оказались следующие: а) *n*-бутанол–уксусная кислота вода (4:1:1 или 12:3:5); б) изопропанол–конц. NH_3 –вода (8:1:1 или 20:1:2); в) *трет*-амиловый спирт–17%-ный водный метиламин (4:1); г) *втор*-бутанол–пиридин–уксусная кислота–вода (604:10:41:100); д) этанол–вода NH_3 (18:1:1); е) метанол–вода пиридин (20:5:1); ж) *трет*-бутанол вода метилэтилкетон–диэтиламин (10:10:5:1).

ОБНАРУЖЕНИЕ. ОБЩИЕ МЕТОДЫ

1. *Визуальное наблюдение в коротковолновом (253 нм) и длинноволновом (366 нм) УФ-свете.* К флуоресцирующим аминам относятся: кинуренин (светло-голубая флуоресценция); *о*-аминоацетофенон (светло-голубая); 3-гидроскинуренин (зеленая); антралиловая кислота (пурпурная); аминосалициловая кислота (синяя); ксантоптерин (желто-зеленая); многие антибиотики и алкалоиды.

Другие соединения, содержащие ароматическое кольцо или конденсированную ароматическую систему, проявляются как черные пятна на слегка флуоресцирующем фоне.

В результате реакции первичного амина с флуорескамином (см. разд. «Аминокислоты») образуются соединения, дающие пятна с сильной флуоресценцией в УФ-свете (чувствительность 1 нмоль).

2. *Индикаторы для обнаружения нелетучих оснований.* Хроматограмму длительно выдерживают в потоке горячего воздуха для полного удаления основных и кислых растворителей; опрыскивают одним из следующих реагентов:

1) 0,05%-ный раствор бромокрезолового зеленого в 95%-ном этаноле (раствор красителя должен иметь зеленую окраску, что достигается добавлением разбавленного раствора NaOH до pH 6 ÷ 7).

2) Смесь (1:1) насыщенных этанольных растворов метилового оранжевого и конго красного. Если пятна не проявились, обработать бумагу попеременно парами NH_3 и HCl.

3) 1%-ный раствор тетрафенилборнатрия в бутаноне, насыщенном водой. Хроматограмму высушивают, опрыскивают 0,015%-ным раствором 3-гидроксифлавона в метаноле (например, раствором физетина, кверцетина, гиперина или рутина). Окраска пятен от оранжевой до красной.

ПЕРВИЧНЫЕ АМИНЫ

3. *Нингидрин.* Для опрыскивания хроматограммы можно использовать один из следующих растворов на основе нингидрина:

1) 0,1%-ный раствор нингидрина в *n*-бутаноле, насыщенном водой, или в ацетоне. Хроматограмму нагревают при 105°C 5 мин.

2) 0,2%-ный раствор нингидрина в смеси изопропанол–пиридин (80:20). Хроматограмму нагревают при 105°C 2 ÷ 3 мин. Алифатические амины дают сине-красные пятна, тирамин пурпурные, триптамин пурпурно-коричневые, гистамин красно-коричневые, норадrenalин и 5-гидрокситриптамин коричневые.

3) 0,2%-ный раствор нингидрина в смеси абс. этанол–уксусная кислота 2,4,6-коллидин (50:10:2). Непосредственно перед использованием 25 частей этого раствора смешивают с 1,5 частями 1%-ного раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в абс. этаноле. Хроматограмму опрыскивают этой свежеприготовленной смесью, высушивают при 105°C 1,5 ÷ 2 мин. В случае смеси аминокислот получаются полихроматические пятна.

Нингидрин специфичен к алифатическим или алициклическим первичным аминогруппам. Вторичные, третичные и четвертичные амины, амиды и аминозамещенные ароматические соединения дают слабую реакцию или не дают вовсе. Исключение пролин дает желтое пятно (по-видимому, благодаря раскрытию цикла). Аминокетоны первоначально дают желтую окраску, которая переходит в пурпурную.

4. *о-Ацетоацетилфенол или 2-ацетоацетил-4-метилфенол.* Хроматограмму опрыскивают

0,1%-ным раствором *о*-ацетоацетилфенола или 2-ацетоацетил-4-метилфенола в *н*-бутаноле. Первичные алифатические или алициклические амины обнаруживаются по яркой зеленовато-желтой флуоресценции в УФ-свете. Реактив не реагирует со вторичными аминами, первичными ароматическими аминами или аминокислотами.

ВТОРИЧНЫЕ АМИНЫ

5. *Нитропруссид натрия - ацетальдегид*. Непосредственно перед опрыскиванием смешивают равные объемы 5%-ного нитропруссид натрия в 10%-ном водном ацетальдегиде и 2%-ный раствор карбоната натрия. В другом варианте хроматограмму опрыскивают сначала раствором нитропруссид ацетальдегид, а затем, когда бумага почти высохнет, 2%-ным раствором карбоната натрия. Вторичные амины проявляются в виде синих пятен.

6. *Флуорескамин*. Хроматограмму опрыскивают 0,05%-ным раствором флуорескамина в ацетоне; далее вымачивают последовательно в 0,1 М уксусной кислоте в ацетоне, а затем в 0,1 М растворе *N*-хлоросукцинимид в ацетоне; оставляют на 5 мин промываться в ацетоне и нагревают при 110°C 5 ÷ 10 мин. Вторичные амины превращаются в первичные амины, которые реагируют с флуорескамином и флуоресцируют в УФ-свете (очень чувствительный метод).

ТРЕТИЧНЫЕ АМИНЫ, ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ АММОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И АЛКАЛОИДЫ

7. *Иодоплатинат*. Смешивают 5 мл 5%-ного раствора хлорида платины в 1 М HCl с 45 мл 10%-ного иодида калия и 100 мл воды. Реагент надо беречь от света. После опрыскивания хроматограмму отмывают от избытка реагента водой. Для ТСХ может быть использована смесь (1:1) 0,3%-ный $PtCl_4$ + 6%-ный KI. На хроматограмме проявляются синие или черные пятна. Чувствительность 10 мкг.

8. Реактив Драгендорфа.

Раствор I. 17 г основного нитрата висмута и 200 г винной кислоты растворяют в 800 мл воды.

Раствор II. 160 г иодида калия растворяют в 400 мл воды.

Смешивают растворы I и II. Полученный реактив надо беречь от света. Для опрыскивания смешивают 50 мл раствора реактива, 100 г винной кислоты и 500 мл воды.

Алкалоиды проявляются на хроматограмме в виде оранжевых пятен (чувствительность ~5 мкг).

Изменение методики в случае ТСХ. Раствор реактива. 2,6 г карбоната висмута + 7 г иодида натрия + 25 мл уксусной кислоты; смесь нагревают до кипения и кипятят несколько минут. Оставляют на 12 ч. Осадок ацетата натрия отфильтровывают. 20 мл фильтрата смешивают с 8 мл этилацетата. Реактив надо хранить в посуде из темного стекла. Раствор для опрыскивания: смешивают 10 мл раствора реактива + 25 мл уксусной кислоты + 60 мл этилацетата.

Чувствительность можно повысить путем повторного опрыскивания 0,025 ÷ 0,5 М H_2SO_4 . Наиболее предпочтительная концентрация и количество кислоты должны быть установлены в пробном эксперименте.

9. *Иод*. В случае хроматографии на бумаге хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором иода в этаноле или обрабатывают парами иода.

ТСХ-пластинку обрабатывают 0,5%-ным раствором иода в хлороформе или парами иода.

Иод довольно неспецифический реагент, который образует коричневые пятна со многими органическими веществами, но особенно с основаниями и липидами.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Многие реагенты, используемые для обнаружения конкретных аминов или групп аминов, реагируют не только с аминогруппами, но и с другими группами, и поэтому могут быть описаны и в других разделах. Чтобы избежать ненужного дублирования, в этот раздел включены лишь несколько реагентов, которые реже используются для обнаружения других классов соединений.

Этаноламин

10. *Бензохинон*. Хроматограмму опрыскивают раствором 0,5 г бензохинона в смеси 10 мл пиридина + 40 мл *n*-бутанола. Этианоламин дает коричнево-красные пятна при комнатной температуре. Серин слабо реагирует при 100°C, холин не реагирует совсем.

Холин

11. *Фосфорномолибденовая кислота*. Хроматограмму опрыскивают сначала 2%-ным водным раствором фосфорномолибденовой кислоты; промывают 5 мин большим объемом *n*-бутанола и далее проточной водой. Затем хроматограмму погружают в свежеприготовленный 0,4%-ный раствор хлорида олова в 3 М HCl. Пятна фосфомолибдата холина восстанавливаются до молибденового синего. Чувствительность 5 ÷ 10 мкг. Этот метод применим также и для сфингозина.

Методика для ТСХ. Пластинку опрыскивают сначала 1%-ным раствором фосфорномолибденовой кислоты в смеси (1:1) этанол хлороформ; высушивают в течение 3 мин. Затем пластинку опрыскивают 1%-ным раствором хлорида олова в 3 М HCl; высушивают в течение 10 мин.

12. *Ферроцианид калия-хлорид кобальта*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным водным раствором $K_4Fe(CN)_6$, затем опрыскивают 0,5%-ным водным раствором хлорида кобальта. Холин дает зеленые пятна. Чувствительность 10 мкг. Методика пригодна для ТСХ.

Эфиры холина

13. Гидроксиламин хлорное железо.

Раствор гидроксиламина. а) 20 г $NH_2OH \cdot HCl$ растворяют в 50 мл воды и разбавляют до 200 мл 95%-ным этанолом. б) 50 г KOH растворяют в минимальном количестве воды и разбавляют до 500 мл 95%-ным этанолом. Смешивают 1 объем раствора а с 2 объемами раствора б и отфильтровывают осадок KCl. Смесь устойчива на холоду в течение 2 нед; лучше хранить при -10°C.

Раствор хлорного железа. 10 г тонкого порошка $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ растворяют в 20 мл конц. HCl. Встряхивают с 200 мл эфира до тех пор, пока не образуется гомогенный раствор.

Хроматограмму опрыскивают сначала раствором гидроксиламина, высушивают при комнатной температуре, затем опрыскивают раствором хлорного железа. Любой органический сложный эфир дает пурпурное пятно на желтом фоне. Для эфиров карбоновых кислот чувствительность 0,5 ÷ 2 мкг. Методика пригодна для ТСХ.

Имиды глутаровой кислоты, карбаматы, уреиды

14. *Гипохлорит натрия*. Раствор NaOCl, содержащий 10 ÷ 13% активного хлора, разбавляют 4 объемами воды. Хроматограмму опрыскивают и высушивают в потоке воздуха в течение 1 ч для удаления избытка хлора. Затем опрыскивают 2%-ным раствором крахмала, содержащим 1% KI. Появляются сине-черные пятна на бесцветном или бледно-голубом фоне.

o-Аминофенолы, индолы

15. *Тест Уророзейна*. Влажную хроматограмму обрабатывают «нитрозными парами», образующимися в стакане из $NaNO_2$ и HCl. o-Аминофенолы дают желтые пятна. Такую же реакцию дают индолы.

o-, m- и p-Аминофенолы

16. *Аммиачный раствор нитрата серебра*. Хроматограмму опрыскивают смесью (1:1) 0,1 М $AgNO_3$ и 5 М NH_3 , приготовленной непосредственно перед использованием. Появляются темные пятна на светло-коричневом фоне.

17. *Салициловый альдегид*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором салицилового альдегида в этаноле, содержащим 5% (об./об.) уксусной кислоты; высушивают при комнатной температуре. Появляются флуоресцирующие пятна.

Ароматические амины, сульфонамиды

18. Взаимодействие с солями диазония.

1) *Диазотированная сульфаниловая кислота*. См. метод в разд. 12 «Аминокислоты». Этот реагент использовался для обнаружения гистамина, тирамина, триптамина и 5-гидрокситриптамина. В случае некоторых фенолов окраска развивается после опрыскивания диазотированной сульфаниловой кислотой, в то время как у большинства – только после повторного опрыскивания щелочью.

2) *Диазотированный *n*-нитроанилин*. К исходному раствору 0,2%-ного *n*-нитроанилина в 1 М HCl (5 мл) добавляют 50 мл 0,1 М HCl, затем 1 мл 5%-ного NaNO₂. После обесцвечивания раствора его ставят на несколько минут на лед, и держат на холоду до момента опрыскивания. Сразу же после первого опрыскивания хроматограммы ее вторично опрыскивают ледяным 20%-ным раствором K₂CO₃. Метанефрин, норметанефрин, N-метилметанефрин, тирамин, горденин дают пурпурные пятна; *n*-симпатол и октопамин красные; 3-О-метилдопамин оливковые; фенилэтиламин и фенилэтаноламин малиновые; 5-гидрокситриптамин темно-красные. Этот реагент был также использован для обнаружения сульфонамидов.

3) *Диазотированный *n*-анизидин*. Смешивают равные объемы 1%-ного раствора *n*-анизидина в этаноле, содержащем 0,11 М HCl и 10% (об./об.) раствора амилнитрита в этаноле. Выдерживают несколько минут перед опрыскиванием. Хроматограмму высушивают в потоке воздуха. Слегка влажную бумагу обрабатывают парами NH₃ или опрыскивают этанольным раствором KOH.

Изменения методики: половину *n*-анизидина заменяют сульфаниламидом.

19. *Диазотирование аминов на бумаге с последующей реакцией сочетания*. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором NaNO₂ в 0,1 М HCl или 0,1%-ным раствором NaNO₂ в уксусной кислоте, содержащей 0,05 мл конц. HCl на 100 мл (0,2%-ный раствор NaNO₂ в 10%-ной трихлоруксусной кислоте используют перед опрыскиванием реагентом 7). Ждут 1–3 мин, затем опрыскивают одним из следующих реагентов, вступающих в реакцию сочетания:

1) *N*-Этил-*α*-нафтиламин. 0,2%-ный раствор *N*-этил-*α*-нафтиламингидрохлорида в этаноле. Ароматические амины дают красно-фиолетовые пятна.

2) *N*-(1-Нафтил)этилендиамин. Хроматограмму опрыскивают 5%-ным раствором сульфата аммония для разложения избытка нитрита, затем 1%-ным водным раствором *N*-(1-нафтил)этилендиамингидрохлорида. Пятна кинуренина пурпурные, триптофана желтые, 4-аминоимидазол-5-карбоксимида цвета фуксина, креатинина оранжевые, урокановой кислоты светло-коричневые, 2-аминогиппуровой кислоты пурпурные. Сульфонамиды дают интенсивно окрашенные соединения.

3) *Диметил-*α*-нафтиламин*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным водным раствором. Применяют для обнаружения сульфонамидов, которые дают красные или розовые пятна. Чувствительность 1 мкг.

4) *Щелочной раствор β-нафтола*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором в 1 М NaOH. Аминофенолы дают пятна от красного до красно-фиолетового цвета. Этот реагент применяется также для обнаружения сульфонамидов.

Методика для ТСХ. Пластинку опрыскивают сначала 1%-ным раствором NaNO₂ в 1 М HCl, затем 0,2%-ным раствором β-нафтола в 1 М KOH; высушивают при 60°C.

5) *Фенол*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором фенола в 1 М NaOH. *o*-Аминобензойная кислота дает оранжевую окраску; *m*- и *n*-аминобензойная кислота и сульфонамиды дают желтые пятна.

6) *Гексилрезорцин*. Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором в 2 М NaOH. Ароматические амины дают пятна различной окраски.

7) *1-Амино-8-нафтол-5,6-дисульфоновая кислота*. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором. Сульфонамиды дают красную окраску.

Индолламины

20. *n*-Диметиламинобензальдегид (реагент Эрлиха). Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором *n*-диметиламинобензальдегида в 1,3 М HCl или 6 М HCl.

В более слабой кислоте ароматические амины проявляются немедленно, а индолы медленно. В более сильной кислоте окраска индолов проявляется быстро, но по мере удаления с бумаги избытка HCl в результате испарения постепенно появляются пятна ароматических аминов.

Изменения методики.

1) 2 г *n*-диметиламинобензальдегида (или *n*-диметиламинокоричного альдегида) растворяют в 80 мл 95%-ного этанола + 20 мл конц. HCl.

2) 0,1%-ный раствор *n*-диметиламинокоричного альдегида в 1 М HCl. *n*-Диметиламинокоричный альдегид более чувствителен, но менее специфичен, чем *n*-диметиламинобензальдегид. Пурпурное, красное или синее пятно, появляющееся сразу после опрыскивания реагентом Эрлиха, предположительно свидетельствует о присутствии вещества с индольным или пиррольным кольцом. Мочевина, ароматические амины, сульфонамиды, аллантоин, ксантуреновая и урокановая кислоты дают окраску от желтой до оранжевой.

21. *Нингидрин* уксусная кислота. Хроматограмму погружают в 0,25%-ный раствор нингидрина в ацетоне, содержащем 10% (об./об.) уксусной кислоты. Нагревают 2–3 мин при 90–100°C.

Триптамин и 5-гидрокситриптамин дают сине-зеленые флуоресцирующие пятна. Очень чувствительный текст, способный обнаруживать 0,02 мкг 5-ГТ.

22. α -Нитрозо- β -нафтол. Хроматограмму опрыскивают сначала 0,1%-ным раствором α -нитрозо- β -нафтола в 95%-ном этаноле; высушивают; опрыскивают вторично смесью (4:100) 2,5%-ный NaNO₂ + 2 М HCl, приготовленной непосредственно перед опрыскиванием. Реагент специфичен к 5-гидроксиндолам; чувствительность 10–20 мкг.

23. *Тетразотированный ди-о-анизидин*. 100 мг тетразотированного ди-*о*-анизидина растворяют в 30 мл воды. Непосредственно перед опрыскиванием добавляют 20 мл боратного буфера (рН 9,0). Гидроксиндолы и ксантуреновая кислота дают синее окрашивание; индолы, индоксил, адренохром и многие ароматические амины не реагируют.

24. *Формальдегид* HCl. Методика для ТСХ. Пластинку опрыскивают свежеприготовленной смесью 10 мл 35%-ного раствора формальдегида + 10 мл 25%-ной HCl + 20 мл этанола. Высушивают 5 мин при 100°C. Индолы образуют желтые или зеленые флуоресцентные пятна. Чувствительность реакции (0,005 ÷ 0,01 мкг) увеличивается при обработке парами конц. HCl – конц. HNO₃ (3:1).

КАТЕХОЛАМИНЫ

При хроматографии катехоламинов в первую очередь следует учитывать их тенденцию к окислению, особенно при рН > 6. По этой причине следует избегать применения растворителей с основными свойствами. Чаще всего используют фенол и *n*-бутанол с добавками водных растворов различных кислот. Хроматографию проводят в атмосфере SO₂, CO₂ или азота, особенно если в качестве растворителя используют фенол, а в качестве дополнительной защиты от окисления бумагу перед употреблением можно обработать разбавленным раствором аскорбиновой кислоты (50 мг/100 мл).

Катехоламины могут образовывать комплексы или соединения с трихлоруксусной или молочной кислотой при обработке тканевых экстрактов; эти комплексы и соединения могут проявляться на хроматограммах в виде отдельных пятен.

Рекомендуется ацетилировать катехоламины перед их разделением хроматографией на бумаге или ТСХ.

Методы обнаружения катехоламинов на бумажных хроматограммах делятся на три группы: 1) основанные на окислении их до окрашенных «хромов» (например, адренохрома) и продуктов их разложения; 2) основанные на образовании флуоресцирующих продуктов конденсации с формальдегидом или этилендиамином и 3) основанные на реакциях молекул, содержащих фенольную

или аминогруппу, или их восстановительных свойствах. Реакции третьей группы в общем менее специфичны и чувствительны, и, поскольку соответствующие реагенты (аммиачный раствор нитрата серебра, хлорное железо, соли диазония и др.) описаны в других разделах, они здесь не рассматриваются.

25. *Феррицианид калия.* Носитель опрыскивают 0,44%-ным раствором $K_3Fe(CN)_6$ в 0,2 М фосфатном буфере (рН 7,8) или, если хроматографию проводили в кислом растворителе, в 0,2 М Na_2HPO_4 (рН 8,3). Окраску можно усилить обработкой парами аммиака. Адреналин дает сначала розовое пятно, переходящее затем в желтое, норадреналин сначала бледно-лиловое, затем коричневое, а допамин бледно-лиловое пятно. Предел обнаружения 2 мкг. Меньшие количества можно определять по зеленой флуоресценции в УФ-свете.

N-Метиладреналин при окислении не дает окрашивания, так как невозможно замыкание индольного кольца, но в результате восстановления обесцвечивается феррицианид, который может быть идентифицирован путем добавления очень разбавленного раствора сульфата меди, что приводит к появлению красного окрашивания. Окружающий его невосстановленный феррицианид при этом становится коричневым.

Образование ферроцианида может быть продемонстрировано реакцией образования берлинской лазури. Хроматограмму опрыскивают раствором, содержащим 5 г безводного сульфата железа(III) и 75 мл 85%-ной H_3PO_4 на 1 л. Эта реакция, указывающая в основном на присутствие восстановителя, менее специфична, чем появление окраски, наблюдаемое после единственного опрыскивания феррицианидом.

26. *Обработка парами аммиака.* Адреналин обнаруживается по ярко-зеленой флуоресценции в УФ-свете. Чувствительность 10 мкг.

27. *Обработка парами иода и аммиака.* Адреналин и норадреналин дают ярко-красные пятна, переходящие в коричневые. Чувствительность ~25 мкг/3 см².

28. *Иод. Методика для ТСХ.* Пластинку опрыскивают раствором 0,5 г иода в 100 мл хлороформа и наблюдают флуоресценцию в УФ-свете. Чувствительность 0,005 мкг.

29. *Иодат калия.* Хроматограмму опрыскивают 1%-ным водным KIO_3 ; нагревают при 100–110°C в течение ≤2 мин. Этот тест, как и два предыдущих, основан на образовании иодохромов. Адреналин (1 мкг) дает сначала розовое пятно, переходящее затем в коричневое, норадреналин (2 мкг) фиолетовое, затем коричневое, допамин оранжево-коричневое пятно, изопропилнорадреналин красное, эпинин оранжевое.

30. *Феррицианид – формальдегид.* Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью (9:1) 0,66%-ного $K_3Fe(CN)_6$ + 40%-ный формальдегид; нагревают при 100°C в течение 5 мин. Согласно другой методике, смесь $K_3Fe(CN)_6$ – формальдегид готовят в 0,6 М фосфатном буфере (рН 5,9).

Адреналин, норадреналин, допамин, изопропилнорадреналин и эпинин дают пятна от красного до пурпурного цвета (чувствительность 1–2 мкг), которые обнаруживают желто-зеленую флуоресценцию в УФ-свете (чувствительность 0,2 мкг).

31. *Феррицианид (или иод) с последующей обработкой реагентом Эрлиха.* После окисления катехоламинов до индолов в результате реакции с реагентом Эрлиха образуются пигменты синего цвета.

Первое опрыскивание: 0,2% раствором $K_3Fe(CN)_6$ в воде или 0,0005 М раствором иода в 0,2 М ацетатном буфере (рН 6) или 0,005 М иодом в 0,6 М фосфатном буфере (рН 5,9). Высушивают в потоке холодного воздуха в течение 3–5 мин.

Второе опрыскивание: раствором 4 г *n*-диметиламинобензальдегида в 380 мл этанола + 80 мл конц. HCl. Предел обнаружения 0,2 мкг адреналина или норадреналина.

32. *Этилендиамин – аммиак*. Хроматограмму опрыскивают смесью (2 : 8) перегнанный этилендиамин + 2 М или 10%-ный (масс./об.) аммиак. Катехоламины, а также другие производные катехина дают пятна от желтого до коричневого цвета, характеризующиеся ярко желтой флуоресценцией в УФ-свете. Чувствительность 0,1 мкг адреналина.

33. *Феррицианид (или иод) – этилендиамин*. Эта комбинация предназначена для ускорения стадии окисления, предшествующей конденсации с этилендиамином, и таким образом сводит к минимуму побочные реакции.

Хроматограмму опрыскивают раствором 0,1%-ного $K_3Fe(CN)_6$ или 0,05 М I_2 в 5%-ном (об./об.) водном этилендиамина. Высушивают в течение 5 мин при 50°C.

Растворы для погружения. Хроматограмму погружают в 1%-ный раствор иода в тетра-хлориде углерода, промокают и, не дожидаясь полного высыхания бумаги, погружают в 1%-ный раствор этилендиамина в изопропанол, вновь промокают и высушивают при комнатной температуре в течение 24 ч. Чувствительность 0,05 мкг катехоламинов.

Катехоламинтриацетаты

34. *Хлорное железо – феррицианид калия*. Хроматограмму опрыскивают сначала 10%-ным КОН в смеси (1 : 1) метанол – вода; затем свежеприготовленной смесью 1%-ный $FeCl_3$ + 2%-ный $K_3Fe(CN)_6$.

35. *Реагент тетразолиевый синий*. Хроматограмму опрыскивают сначала 10%-ным раствором КОН в смеси (1 : 1) метанол – вода, затем 0,2%-ным водным раствором трифенилтетразолий-хлорида.

36. *ТСХ катехоламинтриацетата*. Хроматограмму опрыскивают 40%-ным раствором H_3PO_4 , нагревают в течение 7 мин при 110°C, затем опрыскивают 5%-ным раствором фосфорномолибденовой кислоты в этаноле и нагревают в течение 2 мин при 110°C.

Другая методика. 3 г ванилина растворяют в 100 мл абс. этанола и по каплям добавляют 3 мл конц. H_2SO_4 . Пластику опрыскивают и нагревают при 110°C в течение 7 мин.

4. Аминокислоты и пептиды

Аминокислоты и пептиды можно легко разделить на бумаге или в тонком слое целлюлозы, используя небольшие количества материала. В табл. 20.1 приведены примеры растворителей различных типов или буферов для ионофореза, при использовании которых достигается разделение аминокислот при одномерном фракционировании. Неопределенности могут быть разрешены в результате проведения хроматографии или ионофореза при других рН во втором (перпендикулярном) направлении.

Обнаружение. Некоторые групповые реагенты на аминокислоты не нарушают структуры последних, что позволяет в дальнейшем осуществлять их количественное определение, а также проводить повторное разделение пятен.

В описанных ниже методиках более предпочтительно хроматограмму погружать в реактив (а не опрыскивать), так как при этом достигается более равномерное окрашивание. Однако часто можно использовать и тот и другой приемы; приходится отказаться от погружения, если хроматографируемые вещества растворимы в реагентах, например, если последние представляют собой водные растворы.

Таблица 20.1. R_f для аминокислот при разделении методом хроматографии на бумаге и подвижности при разделении электрофорезом

Аминокислота	R_f				Подвижность (в направлении к катоду), см (45 мин, 40 В/см; 8%-ная муравьиная кислота pH 1,6)
	<i>n</i> -бутанол + + уксусная кислота + + H ₂ O (12:3:5)	фенол, на- сыщенный H ₂ O	Фенол, на- сыщенный H ₂ O + + этанол + + H ₂ O (15:4:1)	<i>n</i> -бутанол + + пиридин + + H ₂ O (1:1:1)	
Аланин	0,30	0,58	0,41	0,37	47
γ -Аминomásляная кислота	0,40	0,78	0,56	0,26	59
Аргинин	0,15	0,83	0,66	0,15	59
Аспарагин	0,12	0,40	0,22	0,20	35
Аспарагиновая кислота	0,23	0,20	0,06	0,20	26
Валин	0,51	0,78	0,62	0,48	39
Гидроксипролин	0,22	0,67	0,44	0,30	31
Гистидин	0,11	0,65	0,50	0,24	58
Глицин	0,23	0,42	0,26	0,29	53
Глутамин	0,17	0,27	0,29	0,23	33
Глутаминовая кислота	0,28	0,33	0,12	0,20	33
Изолейцин	0,67	0,85	0,71	0,56	36
Лейцин	0,70	0,85	0,73	0,60	36
Лизин	0,12	0,42	0,57	0,13	64
Метионин	0,50	0,82	0,62	0,53	36
Метионинсульфон	0,22	0,60	0,55	0,31	
Пролин	0,34	0,90	0,75	0,34	40
Серин	0,22	0,35	0,22	0,33	41
Таурин	0,20	0,35	0,28	0,38	8
Тирозин	0,45	0,60	0,43	0,60	30
Треонин	0,26	0,48	0,33	0,36	38
Триптофан	0,50	0,77	0,58	0,62	25
Фенилаланин	0,60	0,84	0,72	0,63	33
Цистеин	0,08	0,22	0,05	0,14	
Цистеиновая кислота	0,07	0,06	0,05	0,26	1
Цистин	0,05	0,15	0,16	0,15	36
Этаноламин	0,38	0,72	0,83	0,43	73

ГРУППОВЫЕ РЕАГЕНТЫ

1. Нингидрин.

1) В качестве группового локализирующего агента применяется 0,25%-ный (масс./об.) раствор нингидрина в ацетоне. Пятна можно проявлять нагреванием при 100°C в течение 5 мин или с целью получения более светлого фона выдерживанием при комнатной температуре в течение нескольких часов. Аминокислоты дают пурпурные пятна; гистидин и глицин красно-серые; фенилаланин, тирозин и аспарагиновая кислота синие; триптофан коричневые; аспарагин грязно-желтые; пролин желтые. Чувствительность варьирует в диапазоне от 0,2 мкг для глицина до 2 мкг для гистидина.

2) Для идентификации по окраске используют смесь 50 мл 0,1%-ного раствора нингидрина в этаноле + 2 мл коллидина. В некоторых работах рекомендуется добавлять 10 мл CH₃COOH. Чем ниже чистота коллидина, тем лучше окраска. Хроматограмму нагревают, наблюдая за развитием

окраски. Окраску, даваемую каждой аминокислотой, лучше всего определить экспериментально, но следует особо отметить, что тирозин меняет окраску через несколько секунд после ее появления, и пятна многих других аминокислот спустя несколько минут приобретают пурпурную и синюю окраску.

3) Некоторые исследователи предпочитают измененный вариант методики 1 (или 2), с участием иона меди. Это диктуется необходимостью достичь такого различия в окраске, чтобы можно было идентифицировать все аминокислоты.

Готовят два раствора: 1) 0,2%-ный раствор нингидрина в 50 мл этанола + 10 мл уксусной кислоты + 2 мл коллидина; 2) 1%-ный раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью 25 мл раствора 1 и 1,5 мл раствора 2; высушивают и нагревают в течение 1,5–2 мин при 105°C. Таким же образом обрабатывают пластинки ТСХ. Пластинки высушивают, опрыскивают реагентом и подогревают так, чтобы за окраской можно было наблюдать по мере ее появления.

4) Для обнаружения N-метиламинокислот (которые обычно дают очень слабую окраску с нингидрином) в присутствии свободных аминокислот используют специальный реагент. Смешивают равные объемы 0,33%-ного раствора нингидрина в *трет*-бутаноле и смеси ледяная уксусная кислота вода - пиридин (1 : 5 : 5). Опрыскивают и нагревают 10–15 мин при 100–110°C. Первичные амины и N-метиламинокислоты дают пурпурные пятна сравнимой интенсивности. При опрыскивании водным раствором нингидрина, приготовленным путем растворения нингидрина в *n*-бутаноле, насыщенном водой и содержащем 2% уксусной кислоты, N-метиламинокислоты дают пятна слабой интенсивности.

Окрашенная нингидрином бумага выцветает под действием воздуха и света. Для более длительного сохранения окраски можно дополнительно опрыскать реагентом, содержащим $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. К 1 мл насыщенного раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ добавляют 0,2 мл 10%-ной HNO_3 и доводят до 100 мл 95%-ным этанолом. Лучше всего бумагу покрыть пленкой, погрузив ее в насыщенный раствор полиметилметакрилата в хлороформе.

2. *Флуорескамин*. Этот реагент реагирует с первичными аминогруппами аминокислот и пептидов. Хроматограмму опрыскивают 0,05%-ным раствором флуорескамина в ацетоне и наблюдают флуоресцирующие пятна. Предварительное и последующее опрыскивание хроматограммы 10%-ным раствором триэтиламина в метиленхлориде повышает чувствительность методики (1 нмоль), а также устойчивость образующихся флуоресцирующих пятен. Пятна пролина и гидроксипролина медленно проявляются при нагревании в течение 3 ч при 110°C или через два дня при комнатной температуре. В другом варианте методики бумагу или пластинку, обработанную флуорескаминем, вымачивают последовательно в 0,1 М растворе уксусной кислоты в ацетоне и 0,1 М растворе N-хлоросукцинимиды в ацетоне. Выдерживают 5 мин, промывают ацетоном и нагревают 5–10 мин при 110°C.

3. *Изатин*. См. также «Иминокислоты» (пролин и гидроксипролин), разд. 22.

Один из недостатков нингидрина состоит в том, что пролин может быть легко «замаскирован» пятнами других аминокислот. Были описаны два реагента, лишенные этого недостатка и в то же время обеспечивающие широкий диапазон цветов при хроматографическом определении аминокислот.

1) 1 г изотина + 1,3 г ацетата цинка растворяют в 70–80 мл нагретого изопропанола. По охлаждении добавляют 1 мл пиридина.

2) 1 г изатина + 1,5 г ацетата цинка растворяют в 93 мл нагретого изопропанола + 3 мл воды. По охлаждении добавляют 1 мл ледяной уксусной кислоты.

Эти реагенты дают наборы пятен, слегка различающиеся по окраске. В обоих случаях хроматограмму опрыскивают, высушивают и прогревают при 80–85°C в течение 10 мин. Фон может быть отмыт без изменения окраски аминокислотных пятен быстрым ополаскиванием хроматограммы водой.

4. УФ-свет

1) Аминогруппы могут реагировать со свободными альдегидными группами, содержащимися в бумаге. Образующиеся основания Шиффа дают синюю флуоресценцию в УФ-свете. Хроматограмму нагревают при 100°C в течение 30 мин. N-Замещенные аминокислоты дают темные пятна.

Чувствительность немного ниже, чем при использовании нингидрина, некоторые аминокислоты могут разрушаться.

2) Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором салицилового альдегида в ацетоне. Образующиеся основания Шиффа могут разлагаться при опрыскивании водой и под действием воздуха.

3) Хроматограмму пропитывают 0,01%-ным раствором 1,2-нафтохинон-4-сульфоната (реагент Фолина) в метаноле. Нагревают при 110–120°C в течение 10 мин.

5. *Иод*. Метод, не вызывающий разрушения аминокислот, но неспецифичный. Бумагу или тонкослойную пластинку обрабатывают парами I_2 (от нескольких кристаллов) в стеклянном сосуде. Через 10–30 с хроматограмму вынимают и отмечают карандашом быстро исчезающие коричневые пятна. В другом варианте: бумагу можно опрыскать петролевым эфиром (фракция с $t_{кип} 60 \div 80^\circ C$), насыщенным I_2 .

6. *Хлор*. Пригоден для определения аминокислот, N-блокированных аминокислот (см.) и пептидов (см.). Тест специфичен для соединений, содержащих связь N—C, поэтому такие растворители, как пиридин и коллидин, должны быть удалены. Бумагу или тонкослойную пластинку промывают эфиром, а затем смесью (1:1) ацетон-этанол (в этих растворителях аминокислоты и пептиды нерастворимы). Обрабатывают в течение 5 мин Cl_2 , для чего помещают над ванночкой, в которой находятся равные объемы насыщенного раствора $KMnO_4$ и 10%-ной HCl . Хроматограмму вынимают, проветривают для удаления избытка Cl_2 и погружают в смесь равных объемов насыщенного раствора *o*-толидина* в 2%-ной уксусной кислоте и 0,05 М раствора KI . На светлом фоне возникают сине-черные пятна. Фон может быть уменьшен, если бумагу, обработанную хлором, перед помещением в раствор *o*-толуидина обработать в течение 10 с парами аммиака.

N-хлоропроизводные могут также образоваться при опрыскивании 1%-ным раствором *трет*-бутилгипохлорита [Org. Syn. 32, 1–20] в циклогексане, а затем 1%-ным раствором крахмала в 1%-ном KI . Чувствительность для различных аминокислот варьирует. Метионин, цистеин, цистин и тирозин практически совсем не обнаруживаются.

D-АМИНОКИСЛОТЫ

7. *D-Аминокислотная оксидаза (для определения D- и L-аминокислот)*. Получают две одинаковые бумажные хроматограммы. Одну из них опрыскивают раствором D-аминокислотной оксидазой в 0,06 М пиродифосфатном буфере (pH 8,3). Инкубируют 2,5 ч при 37°C в атмосфере влажного кислорода. Высушивают и опрыскивают обе хроматограммы нингидрином. На обработанной бумаге останутся только L-аминокислоты и глицин. В другом варианте α -кетокислоты (см.), образующиеся из D-аминокислот, могут быть определены при опрыскивании 2,4-динитрофенилгидразином.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ

Если по каким-либо причинам невозможно идентифицировать пятно по его положению и окраске с использованием общих тестов, существуют реагенты, специфичные к одной аминокислоте или группе аминокислот.

Тирозин

8. *α -Нитрозо- β -нафтол*. Хроматограмму погружают в 0,1%-ный раствор α -нитрозо- β -нафтола в ацетоне; высушивают при комнатной температуре. Затем погружают ее в ацетон, к которому добавлено 10% (об.) конц. HNO_3 ; высушивают и постепенно прогревают, начиная с одной стороны так, чтобы можно было следить за появлением пятен на хроматограмме. Желтый цвет бумаги светлеет в участке, который достаточно прогрет. Тирозин определяется по красной

* Осторожно! *o*-Толидин относится к канцерогенам. Замена его на смесь 1%-ный крахмал · 1-ный KI приводит лишь к незначительному ухудшению результатов.

окраске, чувствительность ~ 1 мкг. Триптофан дает окраску от серой до коричневой с меньшей чувствительностью. Фенол и коллидин следует удалять промыванием смесью (1:1) ацетон - дитиловый эфир. Тирозин определяют также с помощью теста Паули (см. ниже «Гистидин»).

Триптофан и родственные соединения

9. Реагент Эрлиха.

1) Хроматограмму погружают в 1%-ный (масс./об.) раствор *n*-диметиламинобензальдегида в смеси (9:1) ацетон конц. HCl; выдерживают при комнатной температуре несколько минут. Триптофан дает пурпурное пятно, пирролы и родственные соединения дают красные пятна.

2) Можно также опрыскивать хроматограмму 2%-ным раствором *n*-диметиламинобензальдегида в 5%-ной HCl и затем высушивать при комнатной температуре. Триптофан дает пурпурную окраску, ароматические амины и цитруллин желтую, гидроксикинуренин, кинуренин и 2-амино-3-гидроксиацетофенон оранжевую.

10. УФ-облучение.

1) Бумагу высушивают при комнатной температуре. Наблюдают в УФ-свете. Триптофан или совсем не дает окрашивания или дает очень слабое окрашивание (что обусловлено наличием продуктов распада, и обычно соответствующее им пятно расположено немного впереди истинного). Некоторые родственные соединения хорошо видны в результате взаимодействия с бумагой, например кинуренин (синее окрашивание); кинуреновая кислота (сине-зеленое); гидроксикинуреновая кислота (зеленовато-желтое); аминацетофенон (небесно-голубое); 2-амино-3-гидроксиацетофенон (желтое); ксантуреновая кислота (синее); антраниловая кислота (сине-фиолетовое); гидроксиантраниловая кислота (небесно-голубое). Ароматические растворители иногда мешают.

2) Хроматограмму опрыскивают смесью (6:1) хлорная кислота (70 ÷ 72%-ная) вода *. Триптофан в течение 10 мин дает устойчивую и интенсивную зелено-синюю флуоресценцию. Последующее опрыскивание 1%-ным раствором FeCl₃ дает красновато-желтую окраску. Индолуксусная кислота в этом тесте обнаруживает слабую розоватую флуоресценцию.

11. *Терефталевый альдегид в кислой среде.* Опрыскивают 0,2%-ным раствором терефталевого альдегида в ацетоне, содержащем 10% уксусной кислоты. Хроматограмму прогревают при 105°C в течение 3 мин. Триптофан дает синее пятно, триптамин желто-зеленое. Этот реагент чрезвычайно чувствителен. (См. также ниже «Гистидин», разд. 13).

Гистидин

12. *Реагент Паули.* Раствор 1 (1%-ная сульфаниловая кислота в 1 М HCl) и раствор 2 (5%-ный водный раствор NaNO₂) выдерживают в холодильнике. Равные объемы этих растворов смешивают (также на холоду) за 5 мин до использования. Осторожно, чтобы не смыть пятна, опрыскивают бумагу. Затем опрыскивают 15%-ным раствором Na₂CO₃. Гистидин и другие имидазолы сразу дают красную окраску. Окрашенные пятна с меньшей чувствительностью дают также гистамин (розово-коричневое); тирозин (розовое); ксантин, диодотирозин (оранжевое); тиамин, триптофан, горденин, гидроксикинуренин (оранжево-красное); аденин (розовое); гуанин (оранжево-пурпурное); катехин (пурпурное); эрготионин (красное); тиолгистидин (светло-оранжевое).

Для уменьшения мешающего влияния тирозина методику можно изменить. Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором *n*-анизидина в смеси (1:1) этанольных растворов 0,11 М HCl 10%-ный амилнитрит. Высушивают на воздухе при комнатной температуре. Опрыскивают 1%-ным КОН в этаноле. Перекристаллизированный *n*-анизидин может «не работать».

Удерживаемые бумагой другие растворители, такие, как фенол и коллидин, должны быть отмыты ацетоном и эфиром.

13. *Терефталевый альдегид.* Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором терефталевого альдегида в ацетоне. Прогревают при 105°C в течение 10 мин. Гистидин дает желто-зеленое

* Смесь воспламеняется, взрывоопасна.

пятно. Триптофан дает коричневое пятно в УФ-свете. Реагент очень чувствителен, особенно для гистидина.

Фенилаланин

14. *Нингидрин* – NaHCO_3 . Хроматограмму прокрашивают нингидрином (см. выше «Групповые реагенты», разд. 1, пункт 1). При опрыскивании нагретой бумаги разбавленным (0,15 ÷ 10%) раствором NaHCO_3 устойчиво только пятно фенилаланина.

Серусодержащие аминокислоты

15. *Тетраиодид платины*.

1) Хроматограмму погружают в раствор 0,002 М платинохлороводородная кислота 1 М KI 2 М HCl – ацетон (4:0,25:0,4:76). После высушивания при комнатной температуре окраску усиливают путем обработки парами HCl . Цистин, цистеин, метионин, цистатионин, лантанин, дьенколевая кислота, метионинсульфоксид и другие дают бесцветные пятна на розовом фоне. В случае использования в качестве растворителя фенола или коллидина бумагу следует сначала промыть смесью (1:1) ацетон – эфир.

2) Для большей контрастности хроматограммы (темно-коричневый фон) 0,002 М раствор H_2PtCl_6 можно заменить на 0,002 М раствор PdCl_2 в 0,1 М HCl .

16. *Азид иод*. Хроматограмму опрыскивают 0,025 М раствором I_2 в 50%-ном этаноле, содержащем 1,5% NaN_3 . На светло-коричневом фоне моментально проявляются белые пятна цистина, затем (через 15 мин) цистина, далее (через 60 мин) метионина. Пятна лучше видны в УФ-свете. Этот реагент позволяет обнаруживать также тиамин.

17. *Нитропруссид*. Реагент *a*. Смешивают 1,5 г нитропруссид натрия в 5 мл 1 М H_2SO_4 + 95 мл MeOH + 10 мл 28%-ного NH_3 . Фильтруют. Хроматограмму погружают в этот раствор. SH -соединения дают красную окраску. Еще влажную бумагу погружают в раствор *b* (2%-ный раствор NaCN в 95%-ном MeOH). Расщепление связей $-\text{S}-\text{S}-$ этим реагентом вызывает появление красной окраски через промежуток времени от нескольких секунд до 10 мин. Для цистина чувствительность 1 мкг. Если нет необходимости определять SH -соединения, используют равные объемы растворов *a* и *b* с концентрацией в 2 раза выше. Аргинин при этом дает оранжевое пятно на бледно-желтом фоне, переходящее в серо-синее на интенсивно-зеленом фоне.

Глицин

18. *o*-Фталевый альдегид. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором *o*-фталевого альдегида в ацетоне. Прогревают при 50°C в течение 10 мин. Глицин дает зеленое пятно, в УФ-свете при 365 нм шоколадно-коричневое; NH_4^+ -ион – темно-серое пятно; гистидин и триптофан – интенсивно желтая флуоресценция при 365 нм. Этот реагент нельзя использовать после хроматографирования в ароматических растворителях.

Аргинин

19. *Реакция Сакагучи*. Хроматограмму погружают в 0,1%-ный раствор 8-гидроксихинолина в ацетоне. Высушивают на воздухе. Тщательно опрыскивают раствором 0,2 мл Br_2 в 100 мл 0,5 М NaOH . Аргинин и другие гуанидины дают оранжево-красные пятна; таурамицин и гликоциамин – лишь временную окраску.

Гуанидины

20. *α -Нафтол диацетил*. Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью 0,1 мл диацетила + 15 мл 1%-ного α -нафтола в 6%-ном растворе NaOH . Оставляют на 2–10 мин. Гуанидин дает сине-фиолетовые пятна на бежевом фоне; для его дизамещенных (например, креатин) и монозамещенных (например, аргинин, гликоциамин) производных чувствительность ниже. Креатинин не реагирует.

Орнитин

21. *Ванилин*. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором ванилина в ацетоне, а затем 0,1%-ным раствором КОН в этаноле. Прогревают при 110°C в течение 10 мин. Орнитин дает красное пятно, аналогично реагируют пролин и гидроксипролин.

Иминокислоты (пролин и гидроксипролин)

22. Изатин.

1) Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором изатина в *n*-бутаноле, содержащем 4% уксусной кислоты. Прогревают при 105°C в течение 15 мин. Пролин и гидроксипролин дают устойчивые пятна (синие); также устойчивы пятна пипеколиновой кислоты (сине-зеленые). Многие аминокислоты дают окраску в этом же диапазоне цветов, которая исчезает при комнатной температуре через несколько часов.

Чтобы получить синие пятна только пролина и гидроксипролина, бумагу промывают после проявления в 1 М HCl, а затем в воде.

2) Чтобы различить пролин и гидроксипролин, хроматограмму погружают сначала в описанный выше раствор, а затем в реагент Эрлиха (см. выше разд. 9). Все цвета, даваемые изатином исчезают, кроме окраски гидроксипролина, которая переходит из синей в светло-вишневую.

Многократное прокрашивание

За опрыскиванием нингидрином может следовать опрыскивание α -нитрозо- β -нафтолом или реагентом Эрлиха. За ним могут также следовать реагенты, дающие пониженную чувствительность обработки (реагент Паули или Сакагучи). Изатину может предшествовать нингидрин или за изатином может следовать реактив Эрлиха или α -нитрозо- β -нафтол (чувствительность последнего теста при этом снижается). За реактивом Эрлиха может следовать обработка по Сакагучи, даже если предшествующими операциями были опрыскивание нингидрином или изатином. УФ-облучение и обработка иодом не мешают проведению любых последующих тестов.

ПРОИЗВОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТ

ДНФ-аминокислоты

1. *Визуальное наблюдение*. Очень небольшие количества этих соединений можно идентифицировать по их желтой окраске. Их можно отличить от динитрофенола с помощью УФ-света (пятна динитрофенола гораздо темнее, чем остальные).

Фенилтвогидантоины и гидантоины

2. *Иод азид*. Перед хроматографией бумагу погружают в 0,5%-ный раствор крахмала и высушивают. После проведения хроматографии высушивают при комнатной температуре и опрыскивают смесью равных объемов 0,01 М I_2 в 0,5 М KI и 0,5 М азида натрия. Фенилтиогидантоины и гидантоины дают светлые пятна на темном фоне.

«Дансил»-аминокислоты

3. *УФ-свет*. Чрезвычайно малые количества «дансил»-аминокислот можно увидеть в УФ-свете в виде желтых пятен. Дансил-ОН дает сине-зеленое пятно.

Пептиды

Разделение. Электрофорез предпочтительнее хроматографии, так как приводит к более четким пятнам и в меньшей степени зависит от изменения условий. Разделение проводят при нескольких значениях pH, включая pH 1,9 (основные группы полностью ионизованы, почти все

карбоксильные группы недиссоциированы, сульфонильная группа несет частичный заряд; рН 3,5 (концевая карбоксильная группа и карбоксилы аспарагиновой и глутаминовой кислот практически не заряжены, величина заряда зависит от природы соседних групп); рН 6,5 (все карбоксилы, за редким исключением, полностью заряжены, большинство α -NH₂-групп полностью заряжены, основные боковые группы полностью заряжены, кроме гистидина, заряд которого зависит от природы соседних групп). Обычно в качестве растворителя используется система бутанол -уксусная кислота -вода (3:1:1 в большинстве случаев, 4:1:5 --обеспечивает лучшее разделение основных пептидов, но более «капризна»).

Часто целесообразно при разделении комбинировать электрофоретический и хроматографический методы. Для препаративных целей последним лучше проводить электрофорез, чтобы получить более компактные полосы и избежать возможной частичной деструкции некоторых аминокислот из-за кислотного гидролиза после элюирования с бумаги.

Обнаружение

1. *Нингидрин*. См. «Аминокислоты», разд. 1. Нагревания, если это возможно, следует избегать. Некоторые пептиды, особенно крупные, циклические или ацетилированные, дают слабую окраску. Большинство пептидов, содержащих на N-конце глицин, и некоторые пептиды, содержащие на N-конце аспарагин, дают желтую окраску. Пептиды, содержащие на N-конце валин и изолейцин, очень медленно проявляются и иногда дают очень слабую окраску. Пептиды, содержащие на N-конце пролин, дают очень бледную желтую окраску, которая обычно исчезает.

2. *УФ-свет*. См. «Аминокислоты», разд. 4. УФ-спектроскопия используется для пептидов со свободными аминогруппами. Следует избегать нагревания, так как некоторые пептиды впоследствии невозможно выделить с хорошими выходами. Опрыскивание флуорескаминем («Аминокислоты», разд. 2) дает возможность в УФ-свете с большой чувствительностью локализовать пептиды со свободными аминогруппами.

3. *Иод*. См. «Аминокислоты», разд. 5.

4. *Хлор*. См. «Аминокислоты», разд. 6.

Этот метод представляет особую ценность для тех пептидов, которые не дают хорошей окраски с нингидрином. Интенсивность окраски приблизительно пропорциональна числу пептидных связей, хотя иногда чувствительность может быть довольно далека от ожидаемой. Пептиды, в состав которых входят главным образом плохо обнаруживаемые этим методом аминокислоты, часто также не удастся обнаружить.

5. *Фенилизотиоцианат*. Носитель опрыскивают смесью (150:50:6:2) пиридин -вода -триэтиламин фенилизотиоцианат и оставляют в атмосфере паров той же смеси на 3 ч, чтобы дать возможность пептидам превратиться в фенилтиокарбамильные производные. Три раза промывают бензолом*, дважды этиленхлоридом. Высушивают 30 мин при комнатной температуре. Пятна локализуют в УФ-свете с помощью флуоресцирующего экрана. Бумагу перед хроматографией следует промыть.

6. *Более специфичные реагенты для пептидов*. Некоторые специфичные для аминокислот реагенты позволяют установить наличие в пептиде той или иной аминокислоты. Замечания, приведенные выше при описании многократного прокрашивания, в той же мере касаются и использования этих реагентов при определении пептидов. В скобках приведены ссылки на разд. «Аминокислоты».

Для обнаружения тирозинсодержащих пептидов следует применять α -нитрозо- β -нафтол (разд. 8); триптофансодержащих реагент Эрлиха (разд. 9); гистидинсодержащих реагент Паули (разд. 12) (N-концевой гистидин в составе пептида дает чаще коричневую окраску, а не розовую, как обычно); серусодержащих пептидов -тетраиодид платины (разд. 15); аргининсодержащих -реакция Сакагучи (разд. 19); пролина и гидроксипролина, если они находятся на N-конце, изатин (разд. 22).

* Осторожно! Пары чрезвычайно токсичны.

5. Углеводы

Сахара обычно разделяют хроматографией на целлюлозе (листы бумаги или тонкий слой), реже на силикагеле (либо в виде свободных сахаров, либо в виде их ацетатов).

Хотя использовался широкий набор растворителей, в табл. 20.2 включены лишь три системы растворителей и соответствующие результаты разделений. Идентификацию сахара проводят

Таблица 20.2. Хроматография на бумаге (нисходящая) некоторых сахаров в трех широко используемых растворителях

Сахар	Относительная подвижность в различных системах растворителей		
	Изопропанол – вода (4 : 1)	Этилацетат пиридин вода (12 : 5 : 4)	n-Пропанол этилацетат – вода (7 : 1 : 2)
Арабиноза	1,12	1,32	1,17
Галактоза	0,90	0,86	0,91
Галактуроновая кислота	0,15	0,14	–
Глюкуроновая кислота	0,20	0,14	0,23
Глюкоза	1,00	1,00	1,00
Дезоксиглюкоза	1,46	–	–
Дезоксирибоза	1,50	2,02	1,94
Дульцит	1,05	0,86	1,02
Инозит	0,35	0,32	0,34
Ксилоза	1,30	1,58	1,28
Ксилулоза	1,55	2,14	1,58
Лактоза	0,32	0,47	0,41
Мальтоза	0,47	0,63	0,56
Маннит	1,10	0,92	1,02
Манноза	1,05	1,20	1,06
Мелибиоза	0,35	0,42	0,39
Рамноза	1,52	1,72	1,78
Раффиноза	0,30	0,37	0,33
Рибоза	1,37	1,89	1,42
Рибулоза	1,42	2,00	1,52
Сорбит	1,05	0,86	0,98
Сорбоза	1,02	1,20	1,03
Фруктоза	1,05	1,18	1,09
Фукоза	1,35	1,46	1,28
Целлобиоза	0,45	0,61	0,50

только после определения его хроматографических характеристик в нескольких растворителях и реакции его с различными красителями.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ

1. *Нитрат серебра – гидроксид натрия.* Хроматограмму погружают в раствор AgNO_3 (0,1 мл насыщенного водного раствора разбавляют до 20 мл ацетоном и добавляют по каплям воду до тех пор, пока AgNO_3 снова не растворится), высушивают и опрыскивают 0,5 М NaOH в водном EtOH (готовят путем разбавления насыщенного водного NaOH этанолом). Восстанавливающие сахара проявляются сразу же при комнатной температуре в виде черных пятен (чувствительность 1–2 мкг), а невосстанавливающие (в том числе невосстанавливающие олигосахариды, метилгликозиды, гекситы и глицерин; чувствительность 2–10 мкг) проявляются гораздо медленнее. При обнаружении ацетатов сахаров их предварительно обрабатывают парами диэтиламинметанола для омыления. Лучшие результаты при обнаружении восстанавливающих и невосстанавливающих соединений и их отличие друг от друга достигаются при использовании описанного выше раствора AgNO_3 , но с концентрацией в 2 раза меньшей; в этом случае восстанавливающие сахара

проявляются в течение 1 мин, а невосстанавливающие в течение 5–10 мин. Бумажные хроматограммы можно закреплять, погружая в конц. водный NH_3 , хорошо промывая водой и высушивая. Этот способ почти вытеснил применение «аммиачного раствора нитрата серебра» (в последнем случае опрыскивают смесью 0,1 М AgNO_3 + 5 М NH_3 (1:1), прогревают при 105°C 5–10 мин), дающего аналогичные реакции с восстанавливающими и невосстанавливающими углеводами. Реагент, используемый для локализации производных сахаров на тонкослойных хроматограммах, состоит из свежеприготовленной смеси (5:1:2): 0,3% раствор AgNO_3 в метаноле + метанол + насыщенный NH_3 + 7%-ный раствор натрия в метаноле. Пластина погружается или опрыскивается, и восстанавливающие и невосстанавливающие углеводы и их ацильные производные дают коричневые, желто-коричневые или зеленые пятна на бежевом фоне.

2. *Щелочной раствор перманганата калия.* Хроматограмму опрыскивают 1%-ным водным раствором KMnO_4 , содержащим 2% Na_2CO_3 . Всушивают при комнатной температуре или быстро при 100°C. Спиртосахара, гликозиды, восстанавливающие и невосстанавливающие сахара дают желтые пятна на пурпурном фоне, а затем серые пятна на коричневом фоне.

3. *Периодат перманганат калия; периодат-*n*-анизидин.*

а) Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью (4:1) 2%-ный водный раствор метапериодата натрия + 1%-ный раствор KMnO_4 в 2%-ном водном растворе Na_2CO_3 . После появления пятен промывают водой. Получаются коричневые пятна на белом фоне. Для глюкозы чувствительность 3 мкг, маннита, 3-метилглюкозы 5–8 мкг; вещества, медленно восстанавливающие периодат, например сахароза и трегалоза, могут быть определены в количествах 10–15 мкг и для появления окраски требуется 40–60 мин.

б) Опрыскивают 0,01 М метапериодатом натрия, а через 2 мин 1%-ным *n*-анизидин- HCl в BuOH . Полиолы и любые другие вещества, реагирующие с периодатом, дают белые пятна на розовом фоне. Чувствительность 25 мкг.

4. *Иод.* Хроматограмму выдерживают в парах I_2 в течение 15 мин. Меркаптальсахара, спиртосахара, гликозиды, гексоновые кислоты, *N*-ациламиносахара, нейтральные и кислые полисахариды дают коричневые пятна. Этот метод неприменим, если разделение проводили в растворителях, содержащих пиридин, коллидин или другие *N*-содержащие соединения.

5. **n*-Аминодиметиланилин.* Хроматограмму опрыскивают 0,3%-ным этанольным раствором двойной соли ZnCl_2 и *n*-аминодиметиланилина. Это общий реагент для восстанавливающих и невосстанавливающих моно- и олигосахаридов, которые дают различную окраску.

6. *УФ-свет.* В УФ-свете тетразы обнаруживают ярко-желтую флуоресценцию.

ВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ САХАРА

7. **n*-Анизидин.* Хроматограмму опрыскивают 3%-ным раствором гидрохлорида *n*-анизидина в смешанном растворителе $\text{BuOH} - \text{EtOH} - \text{H}_2\text{O}$ (4:1:1), содержащем следы SnCl_2 . Прогревают при 100–110°C в течение 3–5 мин. Альдогексозы и метилпентозы дают окраску от зеленой до коричневой; кетогексозы яркую лимонно-желтую; уроновые кислоты красно-коричневую; пентозы вишнево-красную; метилированные альдогексозы коричневую; метилированные альдолентозы интенсивно красную. Чувствительность 1–5 мкг. Восстанавливающие олигосахариды дают те же реакции, как и входящие в их состав мономеры. Невосстанавливающие вещества, за исключением кислотолабильных олигосахаридов, таких, как сахароза и раффиноза, не реагируют. *n*-Анизидин-фосфат (0,5 г *n*-анизидина в 2 мл H_3PO_4 (*d* 1,75) + EtOH до 50 мл) также может быть использован для проведения аналогичных тестов. *n*-Анизидин используется также в комбинации с УФ-облучением для обнаружения сульфатов сахаров.

8. *Анилин дифениламин.* Реагент: свежеприготовленная смесь анилина (4 мл), дифениламина (4 г) и сиропобразной H_3PO_4 (20 мл) в этаноле или ацетоне (200 мл). Хроматограмму опрыскивают или погружают (ацетон) в реагент и прогревают при 60–65°C в течение 5 мин (обнаруживаются пентозы) или 80°C (все другие сахара). Альдогексозы дают окраску от серой до коричневой;

кетозы желто-коричневую; метилпентозы оранжевую; альдогептозы ярко-пурпурную; уроновые кислоты яркую красно-коричневую; пентозы зеленовато-синюю.

Согласно измененной методике для опрыскивания можно использовать два реагента: один содержит дифениламин (4 г), фосфорную кислоту (20 мл) и ацетон (200 мл), а второй те же компоненты, но анилин (4 мл) вместо дифениламина. Опрыскивания обоими реагентами в любом порядке с высушиванием и прогреванием после каждого опрыскивания дают характерную окраску. Олигосахариды дают сходную окраску, кроме тех которые содержат 1 → 4-связанную восстанавливающую альдогексозу (мальтозу; они дают ярко-синюю окраску) или 1 → 2-связанную восстанавливающую альдогексозу (софорозу; оранжевая окраска). Этот тест позволяет различить фруктозу и сорбозу.

9. *Трифенилтетразолийхлорид (ТТХ)*. Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью (1:1) 2%-ного водного ТТХ с 1 М NaOH. Прогревают при 40°C во влажной атмосфере в течение 20 мин. Восстанавливающие сахара, особенно фруктоза и ксилоза (5 мкг), дают красные пятна на бело-розовом фоне. Восстанавливающие олигосахариды также реагируют, кроме тех, которые содержат 2-замещенную восстанавливающую альдогексозу или 1-замещенную восстанавливающую фруктофуранозу. Согласно другой методике, хроматограмму можно погрузить в 0,5%-ный раствор ТТХ в CHCl_3 , а затем уже опрыскивать спиртовым NaOH (0,5 М).

10. *Бензидин**. Хроматограмму опрыскивают раствором 0,5 г бензидина в 20 мл ледяной CH_3COOH + 80 мл EtOH. Прогревают при 100–105°C в течение 15 мин. Пентозы дают шоколадно-коричневые пятна через 5 мин; лактоза, мальтоза, галактоза, глюкоза, фруктоза темно-коричневые через 10 мин. Чувствительность 5 мкг. Аскорбиновая кислота дает светло-коричневое пятно через 10 мин. Чувствительность 10 мкг. Инозит и другие полиолы, сахароза и раффиноза не реагируют. Чувствительность и специфичность повысится, если хроматограмму далее опрыскать либо HCl (0,3 М), либо фосфорной кислотой (0,3 М) в 95%-ном этаноле с последующим нагреванием в течение 15 мин при 70°C.

Согласно другой методике, реагент для опрыскивания включает 0,5 г бензидина в 10 мл CH_3COOH + 10 мл 40%-ной водной трихлороуксусной кислоты + 80 мл EtOH. Глюкоза (1 мкг), свободная или входящая в состав соединения, дает коричневые пятна. Свободная или связанная фруктоза дает желтое окрашивание, но реакция гораздо менее чувствительная, чем в случае глюкозы. Дисахариды, в состав которых входит восстанавливающий аминсахар, дают различное окрашивание в зависимости от положения гликозидной связи.

11. *n-Анизидин дифениламин*. Смешивают равные объемы ацетоновых растворов 2%-ного дифениламина и 2%-ного n-анизидина (ацетон содержит 10% (об./об.) конц. H_3PO_4); хорошо встряхивают, опрыскивают хроматограмму, которую затем прогревают 2–3 мин при 90–95°C. Альдопентозы и альдогексозы дают окраску от зеленой до сине-зеленой; метилпентозы светло-желтую; уроновые кислоты красно-коричневую; кетогептозы яркую красно-коричневую. Дисахариды, содержащие в своем составе восстанавливающую альдозную единицу, дают одинаковую окраску, а содержащие восстанавливающую кетозную единицу, дают различную окраску в зависимости от положения гликозидной связи.

12. *Перманганат калия в кислых растворах*. Хроматограмму опрыскивают 0,03–0,15 М KMnO_4 , содержащим 3% H_2SO_4 . Органические соединения дают белые или светло-желтые пятна. Если этот реагент использовать после оксаниловой кислоты (которая дает коричневые пятна с фруктозой, глюкозой и мальтозой; см. разд. 22) и бумагу прогреть при 90°C, фоновая окраска трется, пятна фруктозы, сахарозы и мелизитозы становятся серо-черными, а пятна глюкозы и мальтозы остаются коричневыми.

13. *n-Аминофенол*. Реагент: 0,5 г n-аминофенола + 2 г H_3PO_4 + 50 мл 96%-ного EtOH; раствор фильтруют. Хроматограмму опрыскивают этим раствором, затем прогревают при 105–110°C в течение 5 мин. Глюкоза дает темно-коричневые пятна; фруктоза лимонно-желтые; сахароза и мальтоза коричневато-желтые; раффиноза светло-коричневые.

* Осторожно! Бензидин канцероген.

14. *м-Фенилендиамин*. Хроматограмму опрыскивают 0,2 М раствором *м*-фенилендиамин-дигидрохлорида в 76%-ном EtOH. Прогревают при 105°C в течение 5 мин. В УФ-свете наблюдаются яркие флуоресцирующие пятна: желтые для глюкозы, оранжевые для рибозы. Чувствительность 10 мкг. Пентозы дают розовато-коричневые пятна; дисахариды желтые; уроновая кислота розовые. Фенол, морфолин, диэтиленгликоль и диоксан мешают.

15. *п-Аминогиппуровая кислота*. Хроматограмму опрыскивают 0,3%-ным раствором *п*-аминогиппуровой кислоты в этаноле. Прогревают при 140°C в течение 8 мин. В УФ-свете большинство гексоз и пентоз дают оранжевые флуоресцирующие пятна. Чувствительность 1 мкг.

16. *Фталевая кислота*. Хроматограмму опрыскивают 3%-ным раствором фталевой кислоты в этаноле. Чувствительность 0,25 мкг глюкозы, 1 мкг фруктозы; появляется оранжевая флуоресценция в УФ-свете. В видимой области спектра эти вещества в 4–5 раз больших количествах дают оранжево-красные пятна. Также определяют восстанавливающие дисахариды и кислотолabile невосстанавливающие олигосахариды. Вместо фталевой кислоты может быть использован 4-аминоантипирин; однако чувствительность этой методики немного ниже, причем бумагу необходимо прогревать при 150°C в течение 10 мин.

17. *α-Нафтиламин*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором *α*-нафтиламина в смешанном растворе BuOH–MeOH (1:1), содержащим 5% трихлоруксусной кислоты. Это общий реагент на сахара, дающий различное окрашивание.

18. *β-Нафтиламин**. Реагент: 0,1 г чистого *β*-нафтиламина в 50 мл EtOH + 50 мл *n*-BuOH + + 0,4 мл 3,8 М HCl + 0,2 мл H₂O + 0,05 мл 10%-ного сульфата железа(III). Хроматограмму опрыскивают и прогревают при 160–170°C в течение 10 мин. Фруктоза дает сначала желтую окраску, которая позже становится желто-коричневой; так же локализуются олигосахариды, образующие при гидролизе фруктозу. Метилпентозы дают тусклые желтые пятна; пентозы яркие розовато-красные; альдозы светло-коричневые.

19. *Динитросалициловая кислота*. Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором 3,5-динитросалициловой кислоты в 4%-ном NaOH. Восстанавливающие сахара дают коричневые пятна на светло-желтом фоне.

20. *Динитробензойная кислота*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором 3,4-динитробензойной кислоты в 1 М Na₂CO₃. Прогревают при 100°C в течение 5 мин. Восстанавливающие сахара дают синие пятна, которые затем приобретают коричневую окраску. Кетозы реагируют быстрее, чем альдозы; аскорбиновая кислота реагирует на холоду. Чувствительность 1 мкг.

21. *Молибдат аммония*. Реагент: 20 мл 10%-ного раствора молибдата аммония смешивают с 3 мл HCl, затем добавляют 5 г NH₄Cl. Бумагу опрыскивают этим реагентом. Любой неорганический фосфат или легко гидролизуемый органический фосфат сразу же даст желтые пятна. Прогревают при 75°C в течение 15 мин. Восстанавливающие вещества дают синие пятна на белом фоне в результате восстановления молибдата до молибденового синего. Для глюкозы чувствительность 2 мкг. Кетозы гораздо легче определяются, чем альдозы. Сахароза также дает положительную реакцию.

АЛЬДОЗЫ

22. *Анилин*. В литературе описано множество вариантов методик с применением этого реагента; наиболее часто применяются следующие:

1) Хроматограмму опрыскивают раствором 0,93 г анилина + 1,66 г фталевой кислоты в 100 мл насыщенного водой *n*-BuOH. Прогревают при 105°C в течение 5 мин. Альдопентозы дают яркие красные пятна с красной флуоресценцией в УФ-свете; альдогексозы, дезоксисахара и

* Осторожно! *β*-Нафтиламин чрезвычайно сильный канцероген.

уроновые кислоты дают пятна различных оттенков зеленого и коричневого цветов с желтой флуоресценцией. Окраска, даваемая кетозами, очень слабая. Для проявления олигосахаридов требуется более длительное нагревание. Для мальтозы чувствительность 10 мкг; мальтотриозы 20 мкг; глюкозы 2 мкг.

2) Хроматограмму опрыскивают смесью равных объемов 0,1 М анилина и 0,1 М H_3PO_4 , растворенными в насыщенном водой *n*-BuOH. Прогревают, как в выше описанной методике 1. Этот реагент позволяет определять широкий набор сахаров с более высокой чувствительностью, особенно в случае восстанавливающих олигосахаридов.

3) Реагент для опрыскивания – оксанилиновая кислота. Реагент готовят путем встряхивания 100 мл 0,1 М щавелевой кислоты с 0,9 мл анилина. Пентозы (5 мкг) дают яркую красную окраску через 5 мин; глюкоза – коричневую через 10 мин. В УФ-свете тетразы (1 мкг) дают яркую флуоресценцию. Альдопентозы и гексозы (но не кетозы и дигидроксияцетон) также флуоресцируют.

4) Хроматограмму опрыскивают 2,5%-ным раствором анилида трихлоруксусной кислоты в ледяной уксусной кислоте. Реагент дает окрашенные пятна с метилированными альдогексозами (коричневые), пентозами (коричневые), кетогексозами (коричневые) и уроновыми кислотами (красные), но не с полиолами. Чувствительность 1–5 мкг.

5) Ионофореграммы погружают в ацетон, содержащий 0,1 М анилин и 0,2 М пикриновую кислоту; нагревают при 100 °С. Сахара проявляются в виде темно-коричневых пятен на желтом фоне.

6) Любое из перечисленных ниже ароматических оснований в присутствии HCl, HCOOH, трихлоруксусной кислоты или толуолсульфокислоты дают окраску с метилированными сахарами после прогревания при 100–103 °С: анилин; *n*-аминодиметил-(или диэтил)анилин (окраска, даваемая этими веществами, зависит от степени метилирования и положения метильной группы в сахаре); *n*-фенилендиамин; *N*-(1-нафтил)-этилендиамин (последний пригоден для определения метильных производных кетоз).

23. *Дифениламин*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором дифениламина в смешанном растворителе BuOH–MeOH (1:1), содержащем 5% трихлоруксусной кислоты. Прогревают при 100 °С в течение 10 мин. Альдогексозы дают коричневые пятна; альдопентозы – пурпурные.

КЕТОЗЫ И ПЕНТОЗЫ

24. *Нафторезорцин*. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором нафторезорцина в смешанном растворителе EtOH–2%-ная водная трихлоруксусная кислота (1:1), приготовленном непосредственно перед использованием. Прогревают при 100 °С в течение 5–10 мин. Фруктоза, сорбоза, сахароза, раффиноза дают красную окраску; пентозы, уроновые кислоты при стоянии дают синюю окраску; альдозы не реагируют. Можно использовать также α -нафтол и резорцин.

Согласно другой методике, для опрыскивания применяют 1%-ный раствор любого из указанных выше фенолов в смешанном растворителе EtOH–2 М HCl (1:9). Прогревают при 90 °С в течение 10 мин. Кетогексозы дают красную и коричневую окраску. Чувствительность 10 мкг.

Вместо соляной можно использовать водно-этанольные растворы фосфорной кислоты, что позволяет определять более широкий набор сахаров; при такой обработке в меньшей степени разрушается бумага. Этот реагент получают путем смешивания 0,2%-ного раствора резорцина, нафторезорцина, α -нафтола, флороглюцина или орцина в этаноле с 0,1 объемами H_3PO_4 (*d* 1,85). При применении нафторезорциновых растворов достигается очень высокая чувствительность; это превосходный реагент для локализации высших олигосахаридов, содержащих сахарозу.

Нафторезорцин используется также для проявления тонкослойных хроматограмм. В качестве реагента применяется также 1%-ный раствор α -нафтола в смеси EtOH– H_3PO_4 (10:1). Пластинку опрыскивают и высушивают на воздухе в течение 30 мин. Затем прогревают при 90 °С в течение 5 мин. Используется для определения раффинозы (2 мкг).

25. Мочевина или антрахинон.

1) К 100 мл 1 М H_3PO_4 в насыщенном водой *n*-BuOH добавляют 3 г мочевины, затем 5 мл EtOH для устранения водной фазы, образующейся при растворении мочевины; этим реагентом

опрыскивают носитель и прогревают при 100–110 °С. Свободные или связанные кислотолabile-ными связями кетозы (сахароза и т.д.) дают ярко-синюю окраску (чувствительность очень высокая); кислотостойкие олигосахариды, содержащие восстанавливающую фруктозу, серо-коричневую окраску. Альдозы реагируют (коричневая окраска), только если присутствуют в высоких концентрациях.

2) 3%-ная мочевина или антрахинон в 5%-ном этанольном HCl дают аналогичные результаты. После применения анилина фталевой кислоты (см. разд. 22, пункт 1) глюкоза дает коричнево-красные пятна; фруктоза и фруктозаны зелено-черные.

26. *2,5-Дифенил-3-п-стирилфенилтетразолийхлорид*. Растворяют 20 мг этого хлорида в 10 мл этанола. Непосредственно перед опрыскиванием смешивают с равным объемом 0,1 М NaOH. Через несколько минут выдерживания при комнатной температуре или при легком нагревании свободные кетозы и олигосахариды, содержащие восстанавливающую кетозу (не сахарозу), появляются в виде пурпурных пятен на желтом фоне. Чувствительность 5 мкг. Альдозы реагируют лишь в том случае, если бумагу сильно нагревают.

27. *Флороглюцин*. Хроматограмму опрыскивают раствором реагента (0,2 г флороглюцина в 80 мл 90%-ного EtOH + 20 мл 25%-ного водного раствора трихлоруксусной кислоты). Прогревают при 110 °С. Кетозы (5 мкг) дают оранжевые пятна; пентозы (20 мкг) – зелено-синие после длительного прогревания; альдозы не реагируют.

28. *Орцин*. Хроматограмму опрыскивают насыщенным водой *n*-BuOH, содержащим 0,5% орцина и 15% трихлоруксусной кислоты. Прогревают при 105 °С в течение 20 мин. Тест специфичен для кетогептоз, седогептулозы и манногептулозы, которые дают синевато-зеленые пятна; кетогексозы – желтые; в случае альдогептоз или гексоз окрашивания не происходит. Если затем опрыскать смесью анилин–фталевая кислота (см. разд. 22, пункт 1) без последующего нагревания, D-ксиулоза дает пурпурную окраску; D-рибулоза – розовую; альдопентозы не реагируют. Согласно другой методике, хроматограмму опрыскивают 3%-ным раствором орцина в 5%-ном этанольном растворе HCl. Кетозы и метилкетозы дают красную окраску.

29. *Мочевина–дифениламин*. Смешивают равные объемы 1%-ного раствора дифениламина в ацетоне, содержащем 10% H_3PO_4 , и 3%-ный раствор мочевины в насыщенном водой *n*-BuOH, также содержащем 10% H_3PO_4 . Хроматограмму опрыскивают и прогревают 2–3 мин при 90 °С; за характером окрашивания наблюдают тотчас же и через 1 ч после нагревания. Фруктоза и сорбоза дают окраску от коричневой до серо-черной, маннокетогептоза фиолетово-синюю. Окраска дисахаридов, содержащих восстанавливающую кетозу, зависит от положения гликозидной связи. Если концентрацию дифениламина увеличивают до 2%, а бумагу прогревают 4–5 мин при 95–100 °С, большинство альдоз дают ярко-красную или розовую окраску.

30. *Антрон*. Хроматограмму опрыскивают раствором 300 мг антрона в 10 мл подогретой ледяной уксусной кислоты и смесью 20 мл EtOH + 3 мл H_3PO_4 (*d* 1,6) + 1 мл H_2O . Прогревают при 108 °С в течение 5–6 мин. Моно-, ди-, три- и полисахариды, содержащие кетогексозы, дают яркие желтые пятна; кетопентозы – пурпурные; кетогептозы – оранжево-желтые. В УФ-свете пятна кетозы коричневые; пятна альдозы могут давать голубую флуоресценцию. В более кислых условиях, например при добавлении H_2SO_4 , зеленые пятна дают и альдо-, и кетосахара.

31. *2,4-Динитрофенилгидразин*. Хроматограмму опрыскивают насыщенным раствором 2,4-динитрофенилгидразина в 95%-ном этаноле, содержащем 1% конц. HCl. Прогревают при 70 °С в течение 3–5 мин. Фруктоза, сахароза и раффиноза дают оранжевые пятна на светло-желтом фоне.

32. *Диазоурацил*. 15 мг диазоурацила растворяют в 10 мл 0,1 М NaOH. Тотчас же опрыскивают бумагу, немного подсушивают при 60–80 °С в течение 3 мин, погружают в 2%-ный водный раствор MgCl_2 и подсушивают, промокая фильтровальной бумагой. Сахароза и замещенные сахарозы (раффиноза) проявляются в виде синих пятен, если заместители у сахарозы находятся не во фруктозном остатке. Чувствительность 100 мкг. Альдозы и моносахариды не реагируют.

КЕТОЗОАМИНОКИСЛОТЫ

33. *Феррицианид сульфат железа(III)*. Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором феррицианида калия в растворителе (10:1): 80%-ный EtOH + 10%-ный NaOH в 80%-ном EtOH (раствор и растворитель приготовлены непосредственно перед использованием). Оставляют на 5 мин при комнатной температуре. Затем вторично опрыскивают раствором смеси сульфат железа(III) + индийская камедь + H_3PO_4 . (Приготовление этой смеси описано в [ЖС 83, 115, (1929)]). Кетозоаминокислоты дают темно-синие пятна на бесцветном или голубом фоне. Чувствительность 10 мкг.

САХАРОСПИРТЫ, ГЛИКОЛИ, ДЕЗОКСИСАХАРА И ГЛИКОЛИ

См. также Инозит в разд. «Витамины».

34. *Периодокупрат калия*. Растворяют 12,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 400 мл кипящей воды, добавляют 23 г периодата калия и концентрированный водный раствор КОН, содержащий 56 г, а затем 20 г персульфата калия (небольшими порциями с интервалом в 1 мин). Кипятят 20 мин, разбавляют до 500 мл и добавляют 500 мл 2 М КОН. Реагент устойчив. При опрыскивании сахара, многоатомные спирты, сложные эфиры и другие невосстанавливающие соединения проявляются в виде белых пятен на коричневом фоне. Методика характеризуется очень высокой чувствительностью.

35. *Ванилин*. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором ванилина в смеси EtOH + + 3%-ная водная хлорная кислота (1:1) (смесь приготовлена непосредственно перед использованием). Прогревают при 85°C в течение 3–4 мин. Многоатомные сахароспирты дают бледные синие пятна, переходящие в сиреневые, а затем бледные серовато-голубые на рыжевatom фоне. Для гекситов чувствительность 15 мкг; пентитов 20 мкг; эритрита 25 мкг; глицерина 30 мкг. Инозит, дигидроксиацетон, альдопентозы и альдогексозы не реагируют, кроме рамнозы (20 мкг), которая дает кирпично-красные пятна (чувствительность 20 мкг); сорбоза и фруктоза дают глубокие серо-зеленые пятна (5 мкг). Фенолы и некоторые соединения индола также реагируют. При наблюдении в УФ-свете прокрашенной и прогретой хроматограммы можно обнаружить более широкий набор соединений.

36. *Окисление периодатом с последующей обработкой смесями нитропруссид + пиперазин или нитроанилин + NaOH*. Хроматограмму опрыскивают водным метапериодатом натрия ($1/3$ насыщения). Оставляют на 10 мин при комнатной температуре, а затем вторично опрыскивают смесью (1:3:20) насыщенный водный раствор нитропруссид натрия + H_2O + EtOH, насыщенный пиперазином. Метилпентозы, дезоксисахара и гликали через 5–10 мин дают синие пятна, которые в дальнейшем светлеют.

Согласно другой методике, проводят окисление периодатом, как указано выше, а затем вторично опрыскивают 1%-ным раствором *n*-нитроанилина в смеси (4:1) EtOH + конц. HCl. Дезоксисахара и гликали дают пятна глубокого желтого цвета на светло-желтом фоне, а в УФ-свете желтую флуоресценцию на коричневом фоне. В третий раз опрыскивают 5%-ным NaOH в MeOH. Пятна приобретают зеленую окраску. Метилпентозы не реагируют.

37. *Окисление периодатом. Реакция Шиффа*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным водным раствором метапериодата натрия. Прогревают при 60°C в течение 7 мин в атмосфере N_2 , а затем помещают в атмосферу SO_2 для восстановления иода и избытка периодата. Проводят вторичное опрыскивание реагентом Шиффа (получаемым растворением 1 г розанилина в 50 мл H_2O с последующим обесцвечиванием под действием SO_2 ; раствор обрабатывают активированным углем, фильтруют и разбавляют до 1 л водой). Хроматограмму прогревают при 60°C в течение 10 мин. Альдегиды, появляющиеся в результате окисления, дают синие и пурпурные пятна. Для всех изученных 1,2-гликолей чувствительность 10 мкг. Углеводы, содержащие 1,2,3-триольные системы, отличаются от 1,2-диолов тем, что при периодатном окислении образуют также HCOOH, а последняя дает коричневую окраску иода при опрыскивании 5%-ным KI после разрушения избытка периодата 10%-ным водным раствором этиленгликоля.

Восстанавливающие олигосахариды, содержащие 1 → 2-связанную восстанавливающую единицу (например, койбиозу, софорузу), дают специфическую желтую окраску при опрыскивании реагентом периодат розанилин.

38. *Периодат $MnSO_4$ ароматическое основание.* Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором KIO_4 . Оставляют на 1–5 мин. Затем вторично опрыскивают смесью (1:1) 15%-ный водный раствор $MnSO_4$ + насыщенный раствор ди-(*n*-диметиланилин)метана в 2 М CH_3COOH . α -Гликоли дают белые пятна на синем фоне. Чувствительность 5–50 мкг.

39. *Периодат тиобарбитурат.* Хроматограмму опрыскивают 0,02 М раствором периодата натрия. Через 15 мин вторично опрыскивают смесью (50:50:0,3) этиленгликоль + ацетон + конц. H_2SO_4 , а через 10 мин третий раз опрыскивают водным 6%-ным 2-тиобарбитуратом натрия. Прогревают при 100 °С в течение 5 мин, при этом 2-дезоксисахара дают красные пятна. Чувствительность 0,5 мкг.

40. *Окисление тетраацетатом свинца.* Хроматограмму опрыскивают ксиолом, а затем тотчас же вторично опрыскивают 1%-ным раствором тетраацетата свинца в бензоле, причем перед опрыскиванием при необходимости реагент обесцвечивают активированным углем и фильтруют. Все 1,2-гликоли (чувствительность 10 мкг), α -гидроксикислоты, пировиноградная кислота и дигидроксиацетон дают белые пятна на коричневом фоне. Чувствительность обнаружения сахароспиртов на ионофореграммах можно повысить последующим опрыскиванием розанилином (см. разд. 37).

41. *Соляная кислота.* Хроматограмму опрыскивают смесью (1:4) конц. HCl + $EtOH$. Прогревают при 90 °С. Гликали дают розовые пятна, переходящие в коричневые. Если вместо HCl для опрыскивания использовать спиртовой раствор $FeCl_3$, чувствительность незначительно понизится.

42. *Карбазол цистеин.* Хроматограмму опрыскивают смесью (1:1:5:0,2) 0,12%-ный карбазол в $EtOH$ + 1,5%-ный цистеин· HCl + $EtOH$ + 12,5 М H_2SO_4 . Прогревают при 65–70 °С в течение 5 мин. Ксилулоза и рибулоза дают фиолетовые пятна, переходящие в серые (чувствительность 3 мкг) или черные (15 мкг) на бесцветном фоне; ксилоза дает очень слабую окраску (15 мкг). То же самое характерно и для гликалей.

43. **n*-Диметиламинобензальдегид.* Хроматограмму опрыскивают 1%-ным раствором *n*-диметиламинобензальдегида в смеси (4:1) $EtOH$ + конц. HCl . Прогревают при 90 °С в течение 30 с. Дезоксиентозы, дезоксиентозиды, D-рибаль дают синевато-или пурпурно-серые пятна; дезоксигексозы, дезоксигексозиды, глюкаль, галакталь розовато-серые. Спустя 2 мин ксилоза и арабиноза дают серые пятна; ацетилглюкозамин фиолетовые. *n*-Диметиламинобензальдегид может быть заменен нингидрином с получением более глубокой синей окраски.

САХАРОКИСЛОТЫ

44. *o*-Фенилендиамин. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором *o*-фенилендиамин-гидрохлорида в 80%-ном $EtOH$. Прогревают при 100 °С в течение нескольких минут. 2-Кетогексоновые кислоты дают зеленовато-серые пятна (чувствительность 50 мкг); 10–20 мкг можно определять по флуоресценции в УФ-свете. Могут реагировать и некоторые альдозы, но они дают пятна другой окраски.

Реагент, представляющий собой 0,05%-ный раствор *o*-фенилендиамина в 10%-ной водной трихлороуксусной кислоте, также был использован для определения уоновых кислот; однако *m*-фенилендиамин (разд. 14) как реагент более чувствителен, хотя может быть не столь специфичен по сравнению с *o*-фенилендиамином.

45. *Гидроксиламин хлорид железа(III).* Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью (1:1) 1 М $NH_2OH \cdot HCl$ в $MeOH$ + 1,1 М KOH в $MeOH$. Оставляют на 10 мин при комнатной температуре. Затем вторично опрыскивают 1 2%-ным раствором $FeCl_3$ в 1%-ной

водной HCl . Сложные эфиры, лактоны или эфиры лактонов дают синие или розовато-лиловые пятна. Таковую же окраску реагент дает также с некоторыми амидами и метиламидами сахарокислот и большинством их эфиров.

Согласно другой методике, предложено для вторичного опрыскивания использовать сильно-кислый раствор $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$; ацетаты сахаров и ацетаты инозита на тонкослойных хроматограммах дают пурпурную окраску с этим реагентом.

ГЕКСОЗАМИНЫ

47. *Ацетилацетон-*n*-диметиламинобензальдегид*. Реагент для первичного опрыскивания готовят из двух растворов: 1) 0,5 мл ацетилацетона в 50 мл *n*-BuOH и 2) смесь (5 : 20) 50%-ный водный KOH + EtOH. Смесь растворов 1 и 2 готовят непосредственно перед использованием в соотношении 10 : 0,5 и добавляют к ней несколько капель 50%-ного этанола для растворения выпавших кристаллов. Хроматограмму опрыскивают приготовленным реагентом. Прогревают при 105 °С в течение 5 мин. Опрыскивают второй раз раствором 1 г *n*-диметиламинобензальдегида в 30 мл EtOH + 30 мл конц. HCl + 180 мл *n*-BuOH. Прогревают при 90 °С в течение 5 мин. Свободные гексозамины дают вишнево-красные пятна (фруктозамин — красно-пурпурные, сиаловые кислоты — оранжево-розовые). N-Ацетилглюкозамин дает интенсивную пурпурно-фиолетовую окраску и с одним реагентом для второго опрыскивания без предварительной обработки реагентом, содержащим ацетилацетон (см. разд. 43). С полной обработкой (т. е. при двух опрыскиваниях) связанные 1 → 6 и 1 → 3-связями дисахариды, содержащие в качестве восстанавливающих мономерных единиц N-ацетиламиносахара, дают пурпурную окраску, а аналогичные соединения, связанные 1 → 4-связью, не реагируют.

48. *Нингидрин*. Хроматограмму опрыскивают 0,05%-ным раствором нингидрина в *n*-BuOH. Прогревают при 105–110 °С в течение 10 мин. Аминосахара дают красную окраску. Для определения свободных сахаров после опрыскивания этим реагентом можно опрыскать оксаниловой кислотой (разд. 22, пункт 3).

49. *Периодат–тиобарбитурат*. Хроматограмму опрыскивают 0,05 М раствором периодата натрия в 0,025 М H_2SO_4 , затем реагентами для второго и третьего опрыскивания, описанными в разд. 39. После прогревания при 100 °С в течение 10 мин сиаловые кислоты дают красное окрашивание. Чувствительность 3 мкг.

ПОЛИСАХАРИДЫ

50. *Сульфат меди–фосфомолибдат*. Хроматограмму опрыскивают смесью 40 г Na_2CO_3 (безводн.) + 20 г NaHCO_3 + 25 г сегетовой соли + 7,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + H_2O до суммарного объема 1 л. Прогревают при 105 °С в течение 5 мин. Затем вторично опрыскивают реагентом, приготовленным растворением 150 г молибденовой кислоты + 75 г Na_2CO_3 (безводн.) в 500 мл H_2O ; с последующим прогреванием и фильтрованием; добавляют 300 мл 85%-ной H_3PO_4 и воду до 1 л. Восстанавливающие полисахариды дают синие пятна на белом фоне.

51. *Толуидиновый синий*. В случае кислых мукополисахаридов полисахариды закрепляют на хроматограмме путем погружения хроматограммы в этанольно-эфирный раствор (95 : 5). Высушивают. Затем погружают в 0,06%-ный раствор толуидинового синего в 0,5%-ной водной CH_3COOH . Наконец, промывают в 2%-ной водной CH_3COOH . Гепарин дает ярко-розовую окраску; хондроитинсульфат, гиалуронат и декстрансульфат дают пурпурную окраску на светло-голубом фоне. Кобальтовая синь (0,05%-ный раствор) также используется как краситель для сульфированных кислых мукополисахаридов. Для определения кислых полисахаридов используются также другие красители: алциановый синий, муцикармин и азур А7.

52. *Кармин*. Исходный раствор реагента: 1 г кармина + 0,5 г безводного AlCl_3 + 2 мл H_2O ; нагревают в фарфоровом тигле в течение 2–3 мин; растворяют в 100 мл 50%-ного этанола, через 24 ч фильтруют; хранят при 5 °С. Хроматограмму опрыскивают смесью (5 : 17 : 3) исходный раствор реагента + EtOH + H_2O . Промывают в воде, содержащей небольшое количество

CH_3COOH . Как кислые, так и нейтральные мукополисахариды дают ярко-розовые пятна на очень слабо-розоватом или бесцветном фоне.

6. Тироксин и родственные соединения

1. *Нингидрин*. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным раствором нингидрина в *n*-BuOH, насыщенном водой и содержащем 5% CH_3COOH . Для тироксина чувствительность 20 мкг. Этот реагент можно использовать также для определения иодотиронинов и иодотирозинов; его нельзя применять для определения дезаминированных аналогов, а также тестировать препараты с высоким содержанием примесей аминокислот. См. «Аминокислоты», разд. 1.

2. Реактив Паули.

1) Диазотированная сульфаниловая кислота. См. «Аминокислоты», разд. 12.

2) Диазотированный N',N' -диэтилсульфаниламид. Смешивают равные объемы охлажденного 0,05 М раствора N',N' -диэтилсульфаниламида в 9%-ной HCl и охлажденного 4%-ного раствора NaNO_2 . Оставляют на 10 мин при 4°C. Хроматограмму опрыскивают и оставляют на 5 мин. Затем опрыскивают 10%-ным водным Na_2CO_3 . Соединения, содержащие простые эфиры дифенолов (например, тироксина), дают пурпурную окраску, а соединения, имеющие лишь одно бензольное кольцо (например, диодотирозин) — оранжевую. Для иодотиронинов и их аналогов чувствительность 20–30 мкг, для иодотирозинов 10–15 мкг. Реакция Паули особенно пригодна для определения дезаминированных аналогов иодотиронинов и иодотирозинов в присутствии больших количеств аминокислот; однако совершенно непригодна для фенольных конъюгатов, т. е. β -глюкуронидов и сульфозэфиров.

3. Сульфат церия мышьяковистая кислота.

1. Реагент для опрыскивания готовят из двух растворов: 1) 10 г $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ суспендируют в 100 мл 0,5 М H_2SO_4 при 0–5°C; через 1 ч фильтруют. 2) 5 г арсенита натрия растворяют в 100 мл 0,5 М H_2SO_4 при 0°C. Реагент для опрыскивания готовят смешением 1:1 растворов 1 и 2, смешивают непосредственно перед использованием. Чистый лист бумаги помещают на стеклянную пластинку и тщательно пропитывают реагентом; затем сверху накладывают хроматограмму и накрывают другой стеклянной пластиной; оставляют на 30 мин. Хроматограмму высушивают в атмосфере свободной от I_2 . Иодсодержащие соединения дают белые пятна на желтом фоне. При фотографировании в УФ-свете они проявляются в виде черных пятен на белом фоне. Для KI чувствительность 0,01 мкг; диодотирозина 0,02 мкг; тироксина и триодотиронина 0,1 мкг. Чтобы предотвратить обесцвечивание фона из-за присутствия следов I_2 в атмосфере, перед высушиванием на воздухе опрыскивают 1%-ным водным раствором *o*-фенилендиамина. При этом избыток сульфата церия реагирует с амином и фон приобретает устойчивую шоколадно-коричневую окраску.

2. Измененная методика в варианте Роббина. Исходные растворы для приготовления реагента: 1) 10 г $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 100 мл 10%-ной (об./об.) H_2SO_4 ; 2) 5 г NaAsO_2 в 100 мл воды; 3) 0,025 М водный раствор *o*-фенантролинферросульфата (ферроина). 1 объем раствора 1 смешивают с 6 объемами раствора 2. Образуется прозрачный оранжево-желтый раствор, к которому добавляют 1 объем раствора 3 (ферроина); получают мутную темно-зеленую суспензию, которую хранят при постоянном встряхивании. Высушенную хроматографическую бумагу слегка опрыскивают с лицевой и обратной сторон (~ 8 мл реагента требуется для опрыскивания поверхности 30×30 см). Иодсодержащие соединения проявляются в виде оранжевых пятен со скоростью, зависящей от концентрации этих соединений. Фон хроматограммы зеленый, но его окраска постепенно меняется сначала до оранжевой, а затем вообще обесцвечивается. Хранение хроматограммы в темноте повышает устойчивость окраски. Для иодотиронинов чувствительность 0,2 мкг, иодотирозинов 0,02 мкг.

4. *Хлорид железа(III) феррицианид арсенит*. Исходные растворы для приготовления реагента: 1) 2,7 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в 100 мл 2 М HCl; 2) 3,5 г $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ на 100 мл H_2O ; 3) 5 г NaAsO_2 в 30 мл 1 М NaOH (при охлаждении), а затем при энергичном перемешивании добавляют 65 мл 2 М HCl. Хранят эти растворы в темноте и на холоду. Перед использованием растворы 1, 2 и 3

смешивают в соотношении 5 : 5 : 1. Высушенную бумажную хроматограмму равномерно опрыскивают с лицевой и обратной сторон и помещают между двумя стеклянными пластинами на 15 мин (необходимо очень слабое освещение или темное помещение). Далее бумагу хорошо промывают дистиллированной водой и высушивают. Иодиды, иодотирозины и иодотиронины дают синие пятна; количественный анализ можно продолжить с помощью фотометра (цейсовский фильтр FE-54). Для указанных выше соединений чувствительность 0,01 0,07 мкг.

5. *Крахмал иодат*. Высушенные листы бумаги сначала опрыскивают 1%-ным раствором крахмала, а затем 1%-ным раствором KIO_3 или KBrO_3 . Влажную бумагу в течение 3–4 мин облучают УФ-светом. Участки, содержащие иодированные вещества, проявляются в виде синих пятен, которые в дальнейшем исчезают. Для тироксина чувствительность 0,5 мкг, диiodотирозина 0,05 мкг.

7. Липиды

Сложные липиды в настоящее время практически всегда определяют методом тонкослойной хроматографии.

ОБЩИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОПРЫСКИВАНИЯ ИЛИ ПОГРУЖЕНИЯ

1. *Серная кислота*. ТСХ-пластинки или стеклобумагу опрыскивают конц. или 50%-ной H_2SO_4 или насыщенным раствором хромовой кислоты в H_2SO_4 (хромовой смесью). Пластинки нагревают в печи или прогревают на горячей подложке; окраска проявляется с повышением температуры пластинки, реагент особенно хорош для обнаружения стероидов. Большинство нелетучих соединений в конце концов дают черные пятна. Методом обугливания можно определять 0,1 мкг липида; однако липиды, не содержащие кратных связей, менее реакционноспособны.

2. *Дихлорофлуоресцеин*. Реагент: 0,2%-ный раствор 2',7'-дихлорофлуоресцеина в 95%-ном этаноле. Хроматограмму наблюдают в УФ-свете при 366 нм.

3. *Фосфорномолибденовая кислота*. Готовят 10%-ный раствор фосфорномолибденовой кислоты в абсолютном этаноле. После прогрева пластинки в печи при 160–180 °С горячую хроматограмму сразу же опрыскивают раствором реагента. Сразу появляются интенсивно синие пятна на светло-желтом фоне.

4. *Родамин 6G или родамин В*. Хроматограмму погружают в 0,001%-ный водный раствор родамина 6G в 0,25 М K_2HPO_4 . Влажную хроматограмму наблюдают в УФ-свете. Появляются пурпурные, синие и желтые пятна на розовом фоне. Оптимальное время выдерживания в красителе варьирует в зависимости от природы соединения и типа хроматограммы (0,2–10 мин).

5. *Пары иода*. Этот тест используют для всех липидов, азотсодержащих соединений и невосстанавливающих углеводов. После испытания вещества остаются неизменными. Хроматограмму обрабатывают парами I_2 , продуцируемыми кристаллами в закрытой камере (см. «Стероиды», разд. 32). Идентификацию пятен осуществляют в день проведения хроматографии. УФ-свет усиливает окраску. Если хроматографический растворитель содержал кислоту, его следует сначала удалить, поместив хроматограмму в вакуум-жикатор или обработав ее аммиаком.

6. *Гидроксилламин - хлорид железа(III). Обнаружение ацилэфиров*. Пластинку или хроматограмму опрыскивают щелочным раствором гидроксилламина, быстро высушивают; вторично опрыскивают подкисленным эфирным раствором хлорида железа(III) (методика приготовления описана ниже). Быстро появляются пурпурные пятна на желтом фоне.

Щелочной раствор гидроксилламина. Растворяют 10 г $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ в 25 мл воды, разбавляют до 100 мл этанолом, смешивают с 26 мл насыщенного водного раствора NaOH , разбавляют до 200 мл этанолом. Осадок NaCl отфильтровывают.

Подкисленный раствор хлорида железа(III). 10 г $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 20 мл 37%-ной HCl растирают в ступке пестиком. Образующийся раствор встряхивают с 300 мл эфира.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОПРЫСКИВАНИЯ ИЛИ ПОГРУЖЕНИЯ

7. *Нингидрин.* Тест на липиды, содержащие свободные аминогруппы.

1) Хроматограмму опрыскивают или погружают в 0,25%-ный раствор нингидрина в ацетоне. Проявляют при комнатной температуре в течение нескольких часов или нагревают в печи при 85°C в течение нескольких минут.

2) Концентрированный раствор нингидрина в *n*-бутаноле (1 мг/мл) разбавляют 2,4-лутидином (20%, об.) непосредственно перед использованием. Проявляют при 120°C в течение 5 мин. Окраску усиливают путем погружения хроматограммы в 2 М HCl на 2 мин с последующим промыванием и высушиванием перед опрыскиванием реагентом.

8. *Флуорескамин.* Чувствительный реагент для определения липидов, содержащих свободные аминогруппы. Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором флуорескамина в ацетоне. Для выявления флуоресцирующих пятен пластинку наблюдают в УФ-свете.

9. *2,4-Динитрофенилгидразин.* В случае альдегидогенных липидов пластинку опрыскивают 30%-ной H_2SO_4 , а через 5 мин реагентом, который содержит 1,2 г 2,4-динитрофенилгидразина + 260 мл CH_3OH + 40 мл конц. HCl + 20 мл CHCl_3 . Альдегидогенные липиды проявляются в виде светло-желтых пятен на почти белом фоне.

10. *4-Амино-5-гидразино-1,2,4-триазолтиол-3 (АГТТ).* Пластинку опрыскивают свежеприготовленным раствором 2%-ного АГТТ в 1 М NaOH . Свободные альдегиды быстро проявляются в виде пурпурных пятен, максимальная интенсивность которых достигается спустя 45 мин (для пальмитинового альдегида чувствительность 1 мкг). Кетоны не дают реакции, в то время как аутоокисляющиеся ненасыщенные жирные кислоты и липиды могут давать положительную реакцию. В случае альдегидогенных липидов пластинку после проведения хроматографии перед опрыскиванием подвергают действию паров HCl для высвобождения альдегидной группы.

11. *Периодат-реагент Шиффа.* Тест на фосфатидилглицерин, инозитфосфатиды и цереброзиды. Хроматограмму промывают дистиллированной водой и высушивают. Погружают в 2%-ный водный раствор периодата натрия на 1 мин. Промывают водой, погружают в 2%-ный водный раствор бисульфита натрия на 25 мин. Погружают в реагент Шиффа (1%-ный раствор *n*-розанилина, обесцвеченный с помощью SO_2 и профильтрованный через активированный уголь) на 30 с. Через 10–15 мин появляется пурпурное пятно.

12. *Реактив Драгendorфа.* Тест на холин. Смешивают 4 мл раствора 1, 1 мл раствора 2 и 20 мл дистиллированной воды. (Раствор 1: 1,7 г $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 100 мл 20%-ной (об./об.) уксусной кислоты. Раствор 2: 40 г KI растворяют в 100 мл воды). Хроматограмму высушивают при комнатной температуре. Свободный холин дает пурпурное пятно; холин-содержащие соединения – оранжевые пятна. См. «Амины», разд. 11 и 12.

13. *Реактив Байала: орцин FeCl_3 HCl .* Тест на гликолипиды. Хроматограммы прогревают в течение 1,5 ч при 80°C в атмосфере HCl . Обрабатывают реагентом Байала и снова помещают в атмосферу HCl при 80°C . На белом фоне проявляются фиолетовые пятна. Реагент Байала: 40,7 мл конц. HCl + 0,1 г орцина + 1 мл 1%-ного FeCl_3 + H_2O до суммарного объема 50 мл.

14. *Реактив молибденовый синий.* Тест на фосфолипиды. Реактив 1: 40 мл конц. HCl + 10 мл металлической ртути + 80 мл 13,3%-ного раствора молибдата аммония; компоненты встряхивают в течение 30 мин. Реагент 2: осторожно добавляют 200 мл конц. H_2SO_4 к 40 мл 13,3%-ного молибдата аммония. Смешивают реагент 1 (металлическая ртуть остается на дне) и реагент 2, разбавляют до суммарного объема 1000 мл и охлаждают. Опрыскивают ТСХ-пластинку при комнатной температуре; фосфолипиды проявляются в виде синих пятен на белом фоне. Чувстви-

тельность 0,5 мкг Р. Реактив можно использовать после опрыскивания нингидрином (разд. 7). Прогревание при 100°C в течение 30 мин приводит к «сжиганию» всех липидов.

15. *Судан черный*. Тест на липопротеины; применяется в гистохимии. Растворяют 0,1 г судана черного В в 1 мл этилацетата при комнатной температуре. К раствору добавляют 9 мл пропиленгликоля. Хроматограмму прокрашивают в течение 15 мин. Выдерживают соотношение краситель: липопротеин = 1:5.

8. Фенолы и родственные соединения

Хотя ряд химически простых фенолов участвует в животном метаболизме, основная масса фенольных соединений из числа встречающихся в природе найдена в растениях (например, флавоноиды, коричные кислоты, кумарины и танины), как правило в соединениях с другими веществами (например, гликозидами). Большинство фенольных соединений или их производных (например, глюкуронидов), присутствующих в нормальной моче, проистекают из этих двух источников, но применение лекарств и других чужеродных органических соединений, содержащих ароматическое ядро, может способствовать образованию фенолов, даже если исходное соединение не содержит фенольных групп. Таким образом, в понятие фенольные входит широкий набор соединений с различными реакционноспособностью и полярностью, и поэтому выбор как растворителя для разделения, так и реагента для обнаружения зависит от класса исследуемых соединений.

Поскольку большинство фенольных соединений, встречающихся в растениях и моче, соединены с другими веществами, желательно исследовать соответствующий экстракт до и после гидролиза (кислотой, основанием (обычно в атмосфере N_2) или ферментом).

До настоящего времени в качестве растворителей для разделения слабополярных соединений (например, простых фенолов) чаще всего используются различные комбинации бензола (толуола или хлороформа), уксусной (или муравьиной) кислоты и воды (например, C_6H_6 — CH_3COOH — H_2O , 125:72:3). Такие растворители содержат мало воды; результаты разделения с их помощью зависят от температуры; кроме того, они требуют предварительного уравнивания.

В случае более полярных соединений (например, большинство соединений, присутствующих в растительных экстрактах, и фенольные соединения мочи) наибольшее применение нашли растворители, основанные на комбинации спиртов, воды и уксусной (или муравьиной) кислоты (например, n -BuOH— CH_3COOH — H_2O , 6:1:2; n -BuOH—EtOH— H_2O , 4:1:2,2; 2%-ная водная CH_3COOH ; CH_3COOH —конц. HCl— H_2O , 30:3:10). Щелочные растворители были использованы для разделения некоторых классов (особенно фенольных кислот), но поскольку многие фенолы легко окисляются при высоких pH, таких растворителей следует по возможности избегать.

ОБНАРУЖЕНИЕ ПО ОКРАСКЕ ИЛИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

1. *Окраска в видимом свете и флуоресценция в УФ-свете*. Большинство фенольных соединений, содержащихся в растительных экстрактах, либо окрашены, либо чаще всего сильно флуоресцируют под действием длинноволнового УФ-облучения (~ 300 нм). Простые фенольные соединения же не окрашены и не флуоресцируют; их можно определять по поглощению в коротковолновой УФ-области (~ 250 нм).

Из окрашенных соединений можно назвать антоцианины (окраска от оранжевой до розовато-лиловой), флавонолы и некоторые нитрофенолы (светло-желтые) и хальконы и ауруны (темно-желтые). Оттенок и глубина окраски меняются с увеличением числа соответствующим образом расположенных фенольных групп. Флуоресценция обычно коричневая (флавоны, флавонол-3-гликозиды и хальконы), различных оттенков желтая (флавонолы и ауруны) или различных оттенков синяя или пурпурная (коричные кислоты, кумарины, метилированные флавоны и стильбены); очень часто цвета перекрываются, что зависит от расположения фенольных и гидроксильных групп в молекуле.

При обработке хроматограмм парами NH_3 (лучше всего) или при опрыскивании щелочными растворами (для этой цели пригоден 0,05 М водный раствор Na_2CO_3) окраска наблюдаемых визуально (в видимой области) пятен, а также флуоресценция в УФ-свете обычно характерным образом меняются из-за ионизации фенольных гидроксильных групп и образования благодаря

этому конъюгированных связей. Вообще можно считать, что обратимое изменение окраски пятна или флуоресценции под действием аммиака свидетельствует о присутствии фенольного соединения. Антоцианины приобретают синеватые оттенки, а флавонолы и другие соединения становятся темно-желтыми. Некоторые бесцветные соединения, например хлорогеновая кислота, при щелочных pH также могут желтеть. Кроме того, под действием оснований происходит окисление некоторых соединений, что приводит к появлению длительно сохраняющихся коричневых пятен. В присутствии основания цвет флуоресценции обычно смещается в сторону больших длин волн (т. е. синий → зеленый → желтый). Отсутствие изменения окраски в видимой и УФ-области, вероятнее всего, свидетельствует о метилировании или других формах замещения фенольных групп.

РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ

2. *Диазотированные амины.* Все соединения, содержащие фенольные гидроксильные группы со свободными *para*- или *ortho*-положениями и не содержащие сильно дезактивирующих заместителей или стерически затрудненных групп, при подходящих pH реагируют с диазотированными аминами с образованием окрашенных азокрасителей. Имидазолы также реагируют. В реакции азосочетания было использовано множество различных аминов, но наиболее пригодным оказался *n*-нитроанилин, поскольку цвет образующихся азокрасителей часто варьирует в зависимости от pH.

1. *Диазотированный n-нитроанилин.*

Готовят два реагента: раствор амина (5 мл, 0,5%-ный, масс./об.) в 2 М HCl смешивают с водным раствором нитрата натрия (0,5 мл, 5%-ный, масс./об.) и раствором ацетата натрия (15 мл, 20%-ный); раствор Na_2CO_3 (20%-ный масс./об.). Оба раствора последовательно используют для опрыскивания хроматограммы, отмечая в каждом случае наблюдаемые цветные реакции и их изменение. В случае необходимости хроматограмму можно дополнительно опрыскать 0,1 М раствором NaOH. Опрыскивание первым реагентом должно быть легким и равномерным, иначе появится чрезмерный фон.

2. *Диазотированные сульфаниловая кислота и бензидин*.*

Оба этих амина готовят в виде 0,5%-ного (масс./об.) раствора в 2 М HCl; после диазотирования раствор первого реагента подщелачивают, добавляя раствор карбоната натрия (20%-ный, масс./об.; трехкратный объем).

ДРУГИЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ

Наибольшее применение нашли 2,6-дибромохинон-4-хлоримид, *n*-диметиламинобензальдегид, ванилин и *n*-толуолсульфоновая кислота, а также азотистая кислота. Первый из них реагирует только с фенолами, имеющими свободное *para*-положение; два следующих лучше всего вступают в реакции с *meta*-замещенными двухатомными недезактивированными фенолами и таким образом могут быть использованы для определения катехинов и лейкоантоцианинов в присутствии других соединений. Напротив, азотистая кислота реагирует со многими фенольными соединениями, но не все образующиеся нитрофенолы дают окрашенные хиноноидные соли с основанием.

3. *2,6-Дибромохинон-4-хлоримид**.* Хроматограмму сначала опрыскивают реагентом (0,5%-ный раствор) в этаноле, а затем любым подходящим основанием (pH ~ 10) или обрабатывают бумагу аммиаком. Большинство реагирующих фенолов дают синюю окраску; реагируют также и некоторые другие соединения (например, тиолимидазолы).

4. *n*-Диметиламинобензальдегид. Раствор *n*-диметиламинобензальдегида (10%-ный масс./об.) в конц. HCl разбавляют пятикратным объемом ацетона или этанола. Если реагент растворен не в

* Осторожно! Бензидин канцероген.

** Осторожно! Это соединение взрывоопасно при температуре $\geq 50^\circ\text{C}$.

конец. HCl , а в уксусном ангидриде, он обладает некоторой селективностью к арилглицинам (например, гиппуровой кислоте), которые дают оранжевую или красную окраску; некоторые органические кислоты также реагируют. Катехины и аналогичные соединения дают анилиново-красные пятна (на холоду медленно, но быстро при нагревании). Индолы, пирролы и ароматические амины реагируют еще легче, но они могут быть дифференцированы от фенолов с помощью других реагентов.

5. *Ванилин* *n*-толуолсульфоновая кислота. Альдегид (2 г) и кислоту (1 г) растворяют в этаноле (100 мл); полученным раствором опрыскивают бумагу, после чего прогревают ее при 100°C в течение 10 мин. Катехины и родственные соединения дают окраску от розовой до фиолетово-красной.

6. *Азотистая кислота*. Сначала хроматограмму опрыскивают нитритом натрия (1%-ный раствор) в 1 М уксусной кислоте, а затем 0,1 М NaOH . Многие фенолы, включая хлорогенную кислоту, дают красную окраску.

ОКИСЛИТЕЛИ

Большинство фенолов, кроме высокозамещенных, легко окисляются, особенно при высоких pH, но наиболее активны вещества, содержащие две или три вицинальные гидроксигруппы.

Хотя некоторые фенолы могут быть определены обычно в виде коричневых пятен, получаемых в результате аутоокисления после опрыскивания хроматограммы, лучше выбирать такие реагенты, которые сами меняют окраску. Наиболее пригодным оказался реагент, содержащий хлорид железа(III) и феррицианид калия; этот реагент обладает высокой специфичностью к фенольным соединениям. Однако фенолы, имеющие одну гидроксигруппу в кольце, реагируют очень медленно. Можно использовать также щелочной раствор нитрата серебра; но этот реагент взаимодействует с широким набором других соединений. Можно воспользоваться аутоокислением фенолов, содержащих две или три вицинальные гидроксигруппы, при высоких pH, конденсируя образующиеся хиноны с этилендиамином.

7. *Хлорид железа(III) феррицианид калия*. 1%-ные водные растворы каждой из солей (марки AR) смешивают в равных соотношениях непосредственно перед опрыскиванием или погружением хроматограммы (раствор должен быть оранжево-коричневым без малейших следов синего). Реакционноспособные фенолы уже на холоду тотчас дают синие пятна. При необходимости получения долговременно сохраняющихся «отпечатков» бумагу после проявления следует промыть 0,1 М HCl , а затем водой.

8. *Щелочной раствор нитрата серебра*. См. «Углеводы», разд. 1.

9. *Этилендиамин*. Смешивают равные объемы раствора этилендиамина (10%-ный об./об.) и 0,5 М раствора Na_2CO_3 . После опрыскивания полученным раствором бумагу прогревают при 100°C в течение 5 мин. Вещества с тремя вицинальными гидроксигруппами сразу же дают пятна разных оттенков, которые при нагревании становятся коричневыми и, как правило, флуоресцируют желтым цветом; *орто*-дигидроксисоединения дают либо коричневые пятна при нагревании, либо желтые с голубой флуоресценцией.

ХЕЛАТИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ

Эти реагенты малочувствительны, но обладают тем преимуществом, что после их применения фенолы могут быть регенерированы. Образование хелатов во всех случаях зависит от pH.

10. *Соли железа(III)*. Фенолы, имеющие две или более вицинальные гидроксигруппы или *орто* (или *пара*)-гидроксиды и карбонильные группы, дают окрашенные хелатные комплексы с солями железа(III). Хелаты с дигидроксисоединениями обычно зеленого цвета, с тригидроксисоединениями синие, остальные коричневые или красные. Наиболее подходящие реагенты - железоммонийные квасцы (0,2%-ный раствор) или хлорид железа(III) (2%-ный раствор).

11. *Соли алюминия.* Соли алюминия (например, 1%-ный этанольный раствор хлорида алюминия) образуют окрашенные или флуоресцирующие хелатные комплексы с флавонолами и другими соединениями. Изменение окраски антоцианина до синей под действием солей алюминия указывает на наличие вицинальных гидроксигрупп.

12. *Молибдаты.* Молибдаты (например, 0,1 М раствор молибдата натрия) на холоду дают хелаты желтого цвета с вицинальными ди- и тригидроксифенолами.

9. Эфиры фосфорной кислоты

Общие методы разделения включают хроматографию в смесях водных и органических растворителей или электрофорез, или и то и другое на бумаге. Из двух методов более медленным является хроматография, в то время как высоковольтный электрофорез может быть проведен в течение 30 мин. Способы обнаружения фосфатов на бумаге варьируют в зависимости от исследуемых соединений; наличие в молекуле нефосфатного фрагмента может позволить применить быстрый неdestructивный метод анализа, например нуклеотиды можно определять по поглощению в УФ-свете.

1. *Молибдат хлорная кислота.*

1) Хроматограмму опрыскивают смесью (5:10:25:60) 60%-ная (масс./об.) хлорная кислота + + 1 М HCl + 4%-ный раствор молибдата аммония + H₂O. Неорганический фосфат дает желтые пятна. Бумагу высушивают при 85°C в течение 1 мин. Глюкозо-1-фосфат и другие высоколабильные эфиры фосфорной кислоты дают желтые пятна. Бумагу облучают УФ-светом. Все органические фосфаты, включая трудногидролизуемые (например, фосфоглицериновая кислота), дают при этом синие пятна; неорганический фосфат желто-зеленые. Лимонная кислота может давать синие пятна. Фоновую окраску убирают обработкой бумаги парами NH₃.

2) Хроматограмму опрыскивают смесью молибдат хлорная кислота. Прогревают при 85°C в течение 10 мин. Затем опрыскивают свежеприготовленным раствором, содержащим 3 объема 60%-ной хлорной кислоты и 1 объем восстанавливающего агента (1 г *n*-метиламинофенол-сульфат + 3 г бисульфита натрия в 100 мл H₂O). Сахарофосфаты дают синие пятна на белом фоне.

3) Хроматограмму погружают в смесь 3 мл 5%-ного (масс./об.) раствора молибдата аммония + 7 мл 5 М HCl + 90 мл ацетона; высушивают на воздухе. Затем ее погружают в смесь 10 мл 1%-ного раствора ванадилхлорида в 1,0 М HCl + 90 мл ацетона. В смесь быстро добавляют при встряхивании 0,2 г порошка цинка. Происходит восстановление: ортофосфат, фосфит, пирофосфат и ряд эфиров фосфорной кислоты и фосфонатов дают на белом фоне пятна, окраска которых варьирует от зеленой до пурпурной.

2. *Хлорид железа(III) салицилсульфоновая кислота.* Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором FeCl₃·6H₂O в 80%-ном этаноле; высушивают при комнатной температуре. Железо связывается эфирами фосфорной кислоты. Хроматограмму повторно опрыскивают 1%-ным раствором сульфосалициловой кислоты в 80%-ном этаноле; сульфосалициловая кислота реагирует с несвязанным железом. Эфиры фосфорной кислоты дают белые пятна на бледном розовато-лиловом фоне.

3. *Хинин.* Хроматограмму погружают или опрыскивают 0,025%-ным этанольным раствором дигидрата хининсульфата. Дважды промывают этанолом для удаления избытка хинина, высушивают и наблюдают в УФ-свете. Эфиры фосфорной кислоты проявляются в виде светлых пятен на серо-голубом фоне. Чувствительность < 1 мкг Р. Присутствие неорганических солей на бумаге может мешать.

10. Пурины, пиримидины, нуклеозиды и нуклеотиды

Идентификация пуриновых и пиримидиновых оснований обычно осуществляется путем сравнения значений *R_f* неизвестного и маркерных соединений в ряде растворителей. Сравнение УФ-спектра поглощения очищенного хроматографией соединения со спектрами соответствующих эталонов, как правило, позволяет провести окончательную идентификацию.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ

1. *Поглощение в УФ-свете.* Пуриновые и пиримидиновые производные в УФ-свете проявляются в виде темных пятен на слегка флуоресцирующем фоне бумаги. Это наиболее чувствительный метод обнаружения (1 мкг), он позволяет локализовать вещество без химической модификации. *Следует защищать глаза от действия УФ-света.* Локализацию веществ на хроматограмме можно наблюдать визуально или фотографировать контактным методом. Если в качестве растворителей использовались фенол или коллидин, их следует сначала удалить многократным промыванием эфиром. В случае барбитуровых кислот используют предварительное опрыскивание 0,5 М NaOH. Чтобы увеличить фоновую флуоресценцию, а следовательно, и контрастность, можно использовать опрыскивание 0,005%-ным флуоресцеином в 0,5 М растворе NH_3 . Однако это не рекомендуется делать, если вещество предполагается элюировать с бумаги для последующей спектрофотометрии.

2. *Флуоресценция в УФ-свете.* Некоторые пуриновые и пиримидиновые производные могут флуоресцировать под действием УФ-света. Это можно наблюдать визуально или фотографировать контактным методом. Лист нитроцеллюлозной пленки (0,08 мм), помещенный между хроматограммой и фотографической бумагой устраняет УФ-свет, но пропускает видимый свет флуоресценции. Таким образом, вещество проявляется в виде черного пятна на серовато-белом фоне. Чувствительность 0,1 мкг.

ПУРИНЫ

3. *Хромат серебра.* Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором AgNO_3 , затем погружают в 0,5%-ный раствор бихромата натрия. При этом образуется красный осадок хромата серебра. Хроматограмму погружают в 0,5 М HNO_3 , где красный осадок медленно растворяется, а на хроматограмме остаются красные пятна лишь в местах локализации пуринов (комплексы пурин - хромат серебра). Хроматограмму вынимают из HNO_3 , когда фон сохраняет еще слегка розовый цвет. Промывают водой. Таким образом можно определять 0,5 мкг гуанина или аденина. Пиримидины не реагируют.

4. *Соли ртути.* Хроматограмму опрыскивают 0,25%-ным раствором ацетата ртути в 95%-ном этаноле, содержащем несколько капель ледяной уксусной кислоты; высушивают на воздухе. Затем вторично опрыскивают 0,05%-ным раствором дифенилкарбазона в 95%-ном этаноле. Реагируют пурины, содержащие один ионизуемый атом водорода. Чувствительность 5 мкг. Пятна должны появиться сразу, но продолжают выступать и спустя 24-48 ч. Если при разделении использовались фенол или пиридин, их следует сначала удалить промыванием бумаги в эфире.

5. *Бром.* Хроматограмму обрабатывают в течение 2 мин парами Br_2 , а затем в течение 1 мин водяным паром над кипящей водяной баней. Бумагу высушивают в течение 5 мин при 110°C . Кофеин, теобромин и теofilлин дают малиново-розовые пятна, которые при обработке NH_3 становятся красновато-пурпурными. Чувствительность 10-20 мкг.

ПИРИМИДИНЫ

6. *Соли ртути.* Хроматограмму вымачивают в течение 30 с в растворе (1:3:6) 0,1 М ацетат ртути + 1 М ацетат натрия + H_2O . Затем точно в течение 20 с вымачивают в медленно текущей проточной воде. Наконец, погружают в раствор сульфида аммония. Урацил и цитозин (5 мкг) и тимин (10 мкг) дают черные пятна.

7. *n-Диметиламинобензальдегид.* Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором n-диметиламинобензальдегида в 30%-ной HCl. Сульфапиримидины дают оранжево-желтые пятна.

РИБОНУКЛЕОЗИДЫ

8. *Окисление периодатом – реагент Шиффа*. Рибонуклеозиды и 5'-рибонуклеотиды после периодатного окисления *цис*-гликольных группировок вступают в реакцию Шиффа на диальдегиды. См. «Углеводы», разд. 37. Для рибонуклеотидов чувствительность 20–50 мкг.

ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕОЗИДЫ

9. *Цистеингидрохлорид*. Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором цистеин·HCl в 1,5 М H₂SO₄. Прогревают в течение 5–10 мин при 85°C. Дезоксирибоза и дезоксирибозиды дают розовые пятна. Чувствительность 10–20 мкг. Пурины реагируют быстрее, чем пиримидины. Рибоза или рибонуклеозиды не реагируют.

10. *Реакция Диние*. Реагент: 1%-ный раствор дифениламина в ледяной уксусной кислоте, к которому добавлено 2,75% (об.) H₂SO₄, разбавляют половинным объемом воды. Опрыскивают хроматограмму. Бумагу зажимают между стеклами и нагревают при 90°C. Пуриновые дезоксирибонуклеозиды (10 мкг) дают фиолетово-синие пятна через 5–10 мин; пиримидиновые дезоксирибонуклеозиды (40–80 мкг) дают синие пятна через 25–30 мин. Реагирует дезоксирибоза. Предел обнаружения пиримидиновых производных благодаря бромированию понижается в 4 раза. До проведения реакции с дифениламином хроматограмму слегка опрыскивают смесью Br₂: вода: уксусная кислота (1:50:10) и прогревают между стеклянными пластинами при 100°C в течение 5 мин.

11. *Реакция Фельгена на пуриновые дезоксирибонуклеозиды*. Хроматограмму опрыскивают реагентом Шиффа (см. «Углеводы», разд. 37), раствор делают 0,05 М по H₂SO₄. Прогревают в течение 6 мин при 60°C, затем оставляют на 24 ч при комнатной температуре. Пуриновые дезоксирибонуклеозиды дают пурпурную окраску; чувствительность 10 мкг.

НУКЛЕОТИДЫ

12. *Молибдат – хлорная кислота и другие реагенты*. См. «Эфиры фосфорной кислоты», разд. I.

13. *Уранилацетат ферроцианид*. Хроматограмму погружают в 0,15%-ный водный раствор уранилацетата. Промывают 20 с в воде, затем погружают в 3%-ный водный раствор ферроцианида калия, подкисленный HCl. Нуклеотиды дают коричневые пятна.

ПИРИДИННУКЛЕОТИДЫ

14. *УФ-свет*. Восстановленные пиридиннуклеотиды флуоресцируют в УФ-свете. Чувствительность 3 мкг. (Опрыскивание смесью (1:1) 2%-ный Na₂S₂O₄ + 4%-ный NaHCO₃ восстанавливает NAD и NADP до дигидроформ.)

15. *УФ-свет цианид калия*. Хроматограмму пропитывают 1 М KCN с помощью пипетки Пастера. Окисленные пиридиннуклеотиды, никотинамидмононуклеотид и никотинамидрибозид образуют продукты присоединения, интенсивно флуоресцирующие в УФ-свете.

16. *Серная кислота*. Методика для тонкослойной хроматографии. Пластинку опрыскивают 50%-ной H₂SO₄ и прогревают при 200°C в течение ~10 мин, пока не произойдет обугливания.

17. *Пары йода*. Пары йода используют для временного проявления вещества на ТСХ-пластинке, когда пятна необходимо элюировать для количественного определения.

ФЛАВИНЫ

18. *УФ-свет*. Флавины дают желто-зеленую флуоресценцию, особенно после опрыскивания 0,05 М NaOH. Чувствительность 0,01 мкг. Тщательно убирают остатки фенолсодержащего растворителя, промывая бумагу в эфире, так как фенол гасит флуоресценцию.

11. Стероиды

По своим свойствам стероиды широко варьируют, начиная с липидоподобного, монофункционального холестерина и кончая гидрофильными сапонинами и кортикостероидами. Для выделения индивидуальных стероидов широко используются как адсорбционная, так и распределительная хроматография, но применению адсорбционной хроматографии часто препятствует разложение полиоксигенированных производных. Традиционную распределительную хроматографию можно считать универсальным методом. Обращенно-фазовая хроматография используется для разделения монофункциональных стероидов.

Если специально не оговорено, можно считать, что описанные в данном разделе методы локализации вполне пригодны как для бумажной хроматографии, так и ТСХ. Однако можно достаточно легко проверить, как будет протекать реакция в тех условиях, в которых предполагается ее использовать, и это вдвойне необходимо сделать, поскольку на эффективность реакции могут влиять как адсорбент, так и сами связывающиеся с ними вещества.

Используемые сокращения: Ст – стероид; кето – оксо; ол – гидрокс; аль – альдегид; ол-3 – 3-ол/или 3β-гидрокс.

НЕНАСЫЩЕННЫЕ СВЯЗИ

1. *Осмиевая кислота.* Хроматограмму обрабатывают парами 1%-ного водного раствора осмиевой кислоты (*Осторожно!* Очень токсична). Стероиды с ненасыщенными связями дают пятна от серого до черного цвета: ен-9(11) 10 мкг; ен-5 5 мкг; ен-4-он-3 2 мкг. Эстрогены не вступают в эту реакцию и в этом тесте не обнаруживаются.

2. *УФ-свет (для сопряженных двойных связей)*

1) Поглощение в УФ-свете при 254 нм. Слабая флуоресценция бумаги гасится центрами поглощения, включающими две или более сопряженные двойные связи, например диен-3,5, диен-5,7, ен-4-он-3, ен-5-он-7, ен-16-он-20, ен-4-дион-3,6 и др.; чувствительность 0,5 мкг. Чувствительность можно увеличить в пять раз, если использовать для детекции фотографию или пропитать хроматограмму флуоресцирующим веществом, например 0,01%-ным раствором антрацена (Ан) в петролейном эфире (40–60°C). Антрацен малореакционноспособен и не мешает дальнейшим операциям.

2) Поглощение в УФ-свете при 360 нм. Аналогичное тушение флуоресценции наблюдается в случае наличия в молекуле трех или более сопряженных связей (но не ароматической природы), например ен-4-дион-3,6 5 мкг. При обработке антраценом происходит повышение чувствительности методики, аналогичное описанному выше.

КЕТОНЫ

3. *Щелочной м-динитробензол (реакция Циммермана).*

1) Реагенты: а) 1 объем исходного конц. (15 М) раствора КОН (80 г КОН + 60 мл H₂O) разбавляют 5 объемами этанола, хорошо перемешивают (в потоке N₂); б) 2%-ный этанольный раствор м-динитробензола. Хроматограмму погружают в раствор (а), промокают; погружают в раствор (б), промокают и осторожно прогревают с помощью фена.

Пурпурные пятна дают он-17 (но не ол-15, ол-16 или ол-18) и ен-4-он-3-ол-6 (1 мкг); синие он-3 (5 мкг); синие ен-4-он-3 (2 мкг); желтые, переходящие в черные (см. методику в разд. 5(1)), ен-4-дион-3,6 (0,5 мкг); коричневые он-20 (10 мкг); красные 21-дезокси-он-20-ол-17 (2 мкг). Бутенолиды ряда дигиталиса дают синие или фиолетовые пятна (1–5 мкг).

4. *2,4-Динитрофенилгидразин.* Хроматограмму погружают в 0,3%-ный раствор динитрофенилгидразина в 0,3%-ной HCl (об./об.) в метаноле. Прогревают в течение 5 мин при 90°C. Промывают путем «протаскивания» через 2 М раствор NaOH в воде и 2 М HCl.

Большинство кетонов дает желтые пятна (2–5 мкг); но ен-4-оны-3 дают оранжевые пятна (1 мкг).

5. Щелочь.

1) Хроматограмму погружают в 1 М NaOH; ен-4-дион-3,6 дает желтую окраску (2 мкг) и желтую флуоресценцию в УФ-свете при 365 нм (0,5 мкг); ен-4-он-3-ол-6 в этом тесте дает слабую реакцию при стоянии в течение нескольких часов.

2) Желтая флуоресценция и менее интенсивная окраска, появляющиеся после прогревания, свидетельствуют о присутствии ен-4-она-3 обычно с тремя или более кислородсодержащими группами. Использование 50%-ного метанольного раствора NaOH и помещение бумаги между стеклянными пластинами для предотвращения высыхания повышает надежность тестирования (0,5 мкг). Введение в реакционную смесь тетраэтилового производного уменьшает фоновую флуоресценцию и таким образом повышает чувствительность.

6. Нитропруссид (для ацетопроизводных).

Реагент: специальная паста, которую готовят в количествах, пропорциональных площади плоской кюветы. Для каждых 100 см² площади кюветы требуется: 0,5 г нитропруссид натрия, 10 г Na₂CO₃ и 10 г ацетата аммония; к ним добавляют 10 мл метанола и смешивают. Покрывают пастой дно кюветы, хроматограмму кладут поверх пасты и осторожно прижимают. Пятна появляются спустя 5–10 мин; яркость их увеличивается в течение часа. Метилкетоны дают фиолетовые пятна; 21-дезокс-он-20, прогестерон (2 мкг), 17-гидрокс и гидроксильные заместители в других положениях не мешают, но ен-16 или он-16 мешают проведению реакции.

АЛЬДЕГИДЫ

7. Реакция Шиффа. Реагент: растворяют 1 г основного фуксина в 100 мл кипяченой дистиллированной воды, охлаждают до 60°C, добавляют 2 г метабисульфита калия, перемешивают до растворения и медленно добавляют 20 мл 1 М HCl; сосуд закрывают, смесь оставляют на ночь, добавляют активированный уголь, перемешивают и фильтруют. Этот реагент остается бесцветным при хранении в темноте при 4°C.

Хроматограмму погружают в раствор, промокают, прогревают при 60°C в течение 10 мин и подвешивают в камере, наполненной SO₂. Последнее необходимо для сохранения окраски; другой способ устранить доступ воздуха поместить хроматограмму между двумя стеклянными или полиэтиленовыми пластинами. Свободные альдегиды реагируют быстро (2 мкг); некоторые альдегиды, участвующие в образовании полуацеталей, могут реагировать медленно.

СПИРТЫ

Большинство ранее описанных в литературе реагентов для локализации «стеролов» также пригодны для определения «стероидов» и в значительной степени неспецифичны. Это, однако, несколько не умаляет их значение на практике (они приведены в разд. «Разное»).

8. Окисление *трет*-бутилхроматом (для β,γ-ненасыщенных спиртов). Реагент: к охлажденной смеси 10 мл *трет*-бутанола и 10 мл CCl₄ добавляют 5 г CrO₃, перемешивают в течение 10 мин, добавляют 65 мл CCl₄ и фильтруют через 10 г Na₂SO₄ (безводн.) на пористом фильтре. Хранят при 4°C над Na₂SO₄. Реагент может храниться два и более месяцев. Непосредственно перед использованием 1 мл реагента разбавляют смесью 80 мл ксилола и 20 мл пиридина; хорошо встряхивают мутный раствор. Хроматограмму равномерно опрыскивают, прогревают при 100°C в течение 5 мин. Погружают в 1 М NaOH и высушивают при 100°C. Желтую окраску дают ен-5-олы-3β (5 мкг); они же дают желтую флуоресценцию в УФ-свете при 360 нм (1 мкг) благодаря превращению в ен-4-дионы-3,6, которые в случае изначального присутствия в препарате также дают положительный тест. Окраска и флуоресценция могут появляться медленно, если окисление не полное, и образуется ол-6 вместо она-6. 2α-Гидрокситестостерон (5 мкг) дает желтую окраску при нагревании с *трет*-бутилхроматом, которая бледнеет при обработке щелочью. 7-Кетодегидроэпиандростерон при обработке щелочью дает синюю флуоресценцию.

9. Окисление *трет*-бутилхроматом (для α-замещенных этанолов). Окисление *трет*-бутилхроматом проводят так, как описано в предыдущем разделе (разд. 8). После прогревания при 100°C хроматограмму обрабатывают как описано в разд. 6. Фиолетовые пятна дают

17,21-дезоксидиолы-20 (10 мкг); он-20 также вступает в реакцию и для его идентификации следует использовать методику, описанную в разд. 6 (без окисления).

10. *Феноловый красный (для α-гликолей)*. Реагент: 2 мл 0,1%-ного этанольного раствора фенолового красного и 1 мл 0,15 М H_3BO_3 разбавляют 20 мл метанола; титруют 0,1 М NaOH до pH 11 (контроль по pH-метру). Бумагу опрыскивают; кислоты и *цис*-α-диолы дают желтые пятна на розовом фоне; диол-16,17 (5 мкг); ен-4-он-3-ол-2 (10 мкг). Диолы боковой цепи прегнана не дают реакции.

КИСЛОТЫ

11. *Индикаторы*. Кислотно-основные индикаторы как реагенты для идентификации высокомолекулярных жирных кислот хорошо «работают», если при хроматографии используются нейтральные растворители.

К 0,1%-ному этанольному раствору бромкрезолового зеленого добавляют 0,1 М NaOH до приобретения раствором сине-зеленой окраски. Перед использованием реагент разбавляют ацетоном (1:4). Хроматограмму погружают или опрыскивают. Кислоты проявляются в виде желтых пятен на зеленом фоне, а основания – в виде синих. Пятна более устойчивы, если покрыты полимерной пленкой для предотвращения доступа CO_2 .

12. *Образование солей*. Хроматограмму погружают в 1%-ный аммиачный раствор AgNO_3 . Хорошо промывают дистиллированной водой, облучают УФ-светом в течение 10–20 с и погружают в фотопроявитель. Серебряные соли (2 мкг) дают черные пятна, которые можно сохранить путем обработки фотофиксацией. Если бумагу не нагревать, то присутствие восстановителей не мешает проведению реакции.

ЭФИРЫ И ЛАКТОНЫ

13. *Гидроксамовая реакция*. Реагенты: а) 14 г $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ в 100 мл CH_3OH ; б) 3,5 М КОН в CH_3OH ; в) 2 г FeCl_3 в 100 мл 10%-ной HCl (об./об.). Смешивают (а):(б) = 5:4, встряхивают и отфильтровывают KCl. Хроматограмму опрыскивают (а не погружают), выдерживают 10 мин и опрыскивают раствором (в). В случае появления коричневого $\text{Fe}(\text{OH})_3$ хроматограмму высушивают и снова опрыскивают раствором (в). Ацетаты и пропионаты (но не формиаты) стероидных спиртов, метиловые и этиловые эфиры стероидных кислот и стероидные лактоны дают пурпурные пятна (2 мкг).

14. *Нитропруссид (для α,β-ненасыщенных лактонов)*. Реагент Легала. 1%-ный раствор нитропруссиды в 50%-ном этанольном растворе 1 М NaOH. Хроматограмму погружают в реагент; карденолиды с α,β-ненасыщенными лактоновыми кольцами дают окраску от красной до фиолетовой, например дигитонин (5 мкг).

ФЕНОЛЫ

Все перечисленные ниже реагенты – групповые для фенолов, и это обстоятельство следует иметь в виду при интерпретации результатов, полученных для фенольных стероидов, эстрогенов.

15. *Реакция диазотирования*. Реагент: а) 0,5%-ный водный раствор брентамина стойкого синего В основного (ICI Ltd.); б) раствор NaHCO_3 , доведенный до pH 9,0 (pH-метр) 10%-ным раствором NaOH; на холоду устойчив неограниченно долго. Перед использованием смешивают равные объемы растворов (а) и (б). Хроматограмму погружают в реагент и промокают. Все фенолы дают пятна от оранжевого до красного цвета; чувствительность для эстрогенов 5–10 мкг.

16. *n-Фенолсульфонат натрия*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором n-фенолсульфоната натрия в 85%-ной H_3PO_4 . Эстрогены (10 мкг) дают светло-зеленые или оранжевые пятна, характеризующиеся сине-зеленой, фиолетово-малиновой или оранжево-желтой флуоресценцией в УФ-свете.

ВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ

Основной восстанавливающий центр стероидов α -кетольная группа, хотя слабо реагируют также и α,β -ненасыщенные кетоны.

17. *Тетразолиевый синий (ТТС)*. Реагенты: а) 0,2%-ный водный раствор хлорида дианизол-бисдифенилтетразолия (фирмы Merck). б) 2 М NaOH. Непосредственно перед использованием смешивают (а):(б):EtOH = 3:10:5. Хроматограмму погружают в этот раствор и промокают. При комнатной температуре ($> 20^\circ\text{C}$) появляются синие пятна. В случае использования стирил-тетразолия (M&B 1767) получают ярко-синие пятна на желтом фоне.

В случае он-20-ола-21, он-17-ола-16 (1 мкг) синие пятна появляются сразу. Медленно реагируют он-3-ол-2 (1 мкг). Медленно реагирует при нагревании он-4-он-2 (10 мкг).

Фон не появляется, и пятна можно фиксировать промыванием в 5%-ной водной уксусной кислоте.

18. *Трифенилтетразолийхлорид (ТФТ)*. Реагент: 0,2%-ный водный раствор хлорида трифенил-тетразолия (ТФТ) в воде. К раствору реагента добавляют половинный объем 10%-ного NaOH. Хроматограмму опрыскивают или погружают в реагент и промывают. Красные пятна на розовом фоне дают он-20-олы-21 (5 мкг).

Чтобы идентифицировать наличие 17-гидроксированных боковых цепей, хроматограмму сначала погружают в 1 М NaOH, затем помещают на стеклянную пластинку, покрывают другой стеклянной пластинкой и прогревают при 100°C в течение 5 мин. В результате этой процедуры олы-17 разрушаются и, таким образом, только 17-дезокс-он-20-олы-21 дают красные пятна.

19. *Аммиачный раствор нитрата серебра*. Хроматограмму опрыскивают раствором 0,1 М AgNO_3 – конц. NH_3 – 10%-ный NaOH (100:5:50), компоненты смешивают непосредственно перед использованием. Через 5–10 мин пятна фиксируют путем обработки раствором 25 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 15$ г $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ в 1,5 л H_2O . Через 30 мин хроматограмму промывают в воде в течение 30 мин. Высушивают при комнатной температуре. Сердечные агликоны, содержащие α,β -ненасыщенное лактоновое кольцо, дают черные или коричневые пятна (2–25 мкг). Эту же реакцию дает характерная для кортикостероидов α -кетольная группа у атома C_{17} (10–15 мкг). α -Кето-альдегиды также дают коричневые пятна, в то время как гликоли не дают реакции.

'ОГЕННЫЕ РЕАКЦИИ

В этом разделе описаны тесты, основанные на превращении вещества одного химического типа в другой с целью его определения описанными выше методами, а также методы определения отдельных фрагментов крупных молекул. Реакции на стероидные остатки следует осуществлять параллельно на двух хроматограммах, с 'огенным превращением и без него, так чтобы можно было отчетливо выявить различия между реакционноспособными группами, образовавшимися в ходе 'огенной реакции и существовавшими до нее.

20. *Формальдегидогенная реакция*. Реагент: 15 г ацетата аммония растворяют в 85 мл 80%-ного метанола; добавляют 1 мл ацетилацетона, 0,3 мл ледяной уксусной кислоты и 0,1 мл HIO_4 (50%-ный водный раствор). Реагент готовят и используют при рассеянном свете. Хроматограмму погружают в реагент и промокают. Через 10 мин появляются зеленовато-желтые флуоресцирующие пятна, которые становятся наиболее интенсивными спустя 1 ч, когда возникает желтая окраска. Реагируют олы-21 с олами-20 или онами-20, чувствительность 5 мкг по цвету и 1 мкг по флуоресценции. Реагент специфичен для всех α -замещенных первичных спиртов. Его нельзя использовать при работе с хроматограммами, пропитанными гликолями.

21. *Ацетальдегидогенная реакция*. Реагенты: а) 5 мл 50%-ной водной HIO_4 разбавляют 5 мл воды и 90 мл трет-бутанола; б) 2 г нитропруссиды натрия и 15 мл пиперидина разбавляют метанолом до 100 мл. Хроматограмму погружают в раствор (а), промокают, ждут 5–10 мин, чтобы прошла реакция. Опрыскивают раствором (б). Через 10 мин на том месте, где высвободился ацетальдегид, появляются синие пятна на светло-желтом фоне. Среди стероидов

реагируют только прегнандиолы-17,20 (2 мкг). Методику нельзя использовать, если в процессе хроматографии бумага оказывается пропитанной гликолем.

С некоторыми изменениями методика может быть использована и для обнаружения других веществ. Реагент: свежеприготовленный 0,1%-ный раствор Na(или K)BH₄ в 0,01 М метанольном NaOH (к водному 1 М NaOH добавляют метанол). Хроматограмму опрыскивают, промокают, выдерживают при комнатной температуре в течение 30 мин до завершения реакции и далее обрабатывают так, как указано выше. В этом случае помимо диолов-17,20 реагируют также 21-дезоксидиолы-17 (10 мкг).

22. Специфическая 17-кетогенная реакция. Реагент: свежеприготовленный 2,5%-ный раствор тетраацетата свинца в теплой ледяной уксусной кислоте, содержащей 10% уксусного ангидрида (*осторожно!* Вызывает слезотечение). Хроматограмму погружают в реагент, промокают и выдерживают на воздухе в течение 15 мин. Избыток кислоты удаляют с помощью фена и определяют кетоны по методике, описанной в разд. 3, пункт 1. Реагент дает положительную реакцию с перечисленными в этой методике кетонами, а также с диолами-17,20 (5 мкг).

Можно использовать и другой окислитель – 1% HIO₄ + 1% H₂SO₄ в 75%-ном этаноле. Проводят реакцию в течение 30 мин, а затем хроматограмму обрабатывают так, как описано выше в разд. 3, пункт 1. Эти реакции иногда сопровождаются освобождением иода, и пятна оказываются более размытыми, чем при реакции с PbAc₄.

23. Неспецифическая 17-кетогенная реакция. Используют *трет*-бутилхромат как окислитель, как описано в разд. 8. Затем определяют кетоны по методике, описанной в разд. 3, пункт 1. Определяются одновременно все указанные кетоны и все олы-17 с боковой цепью и без нее (2 мкг). Боковые цепи без олов-17 (5–20 мкг) определяют в основном по пятнам синего цвета, что обусловлено реакцией с заместителем в положении-3.

24. Альдегидогенная реакция. Хроматограмму погружают в реагент а, описанный в разд. 21, и промокают. Выдерживают 10 мин до завершения реакции и помещают в атмосферу SO₂ на 15 мин. Затем используют реагент на альдегиды, описанный в разд. 7. Альдегидные группы в стероидах, существовавшие до окисления и появившиеся в результате окисления, дают пятна с окраской от красной до синей. Для 17-дезоксидиолов-20,21 чувствительность 10 мкг. Триол-17, 20,21 дает отрицательную реакцию из-за дальнейшего окисления. Для диолов-16,17 (эстриолов) чувствительность 5 мкг.

25. Ацидогенная реакция. Реагент: 1 объем 0,7%-ного водного раствора KIO₄ разбавляют 3 объемами этианола. Хроматограмму погружают в реагент, промокают и выдерживают в течение 1 ч. Опрыскивают реагентом, описанным в разд. 11 на кислоты. Желтые пятна свидетельствуют об образовании кислотных групп в результате окисления или существовании их до окисления. Для 17-дезоксидиолов-20,21 чувствительность 5 мкг; для он-20-диола-17,21 10 мкг; для он-17-диола-16 5 мкг; но он-4-он-3-ол-2 дает отрицательную реакцию. Тест не удастся в случае хроматограмм, пропитанных гликолями.

САПОГЕНИНЫ

26. Гемолиз. Хроматограмму опрыскивают 2%-ной суспензией кровяных клеток морской свинки в физиологическом растворе. Гемолиз сапогенинами вызывает появление более светлого или более темного пятна на рыжевато-коричневом фоне. Чувствительность < 60 мкг.

См. также разд. 39 (пункт 2), 44 (пункт 2) и 43.

КОНЬЮГАТЫ

Стероидные конъюгаты – это соединения стероидов с остатками других молекул, образующиеся в процессе метаболизма. Продукты синтеза к веществам, объединенным этим термином, не относятся. Стероидная часть может быть определена реагентами на стероиды, если местоположение новой связи не блокирует реакцию. Для проведения реакций на нестероидную часть может потребоваться предварительное гидролитическое освобождение ее из соединения со

стероидом. Хотя конъюгаты и обладают кислотными свойствами, для их обнаружения нельзя использовать кислотно-основные индикаторы (разд. 11), так как хроматографию проводят в кислотных растворителях.

27. Нафторезорцин (для глюкуронидов). Реагент: к 100 мл 0,2%-ного раствора нафторезорцина в этаноле добавляют 10 мл фосфорной кислоты. Хроматограмму погружают в раствор, промокают и в течение 1/2 1 ч обдувают теплым воздухом. Прогревают при 90°C 5 мин. Глюкурониды дают синие пятна (10 мкг); для свободной глюкуроновой кислоты чувствительность 1 мкг.

Чувствительность теста увеличивается, если проводят гидролиз глюкуронидазой. Хроматограмму погружают в раствор 5000 Е глюкуронидазы/мл в 0,1 М ацетатном буфере (рН 4,5). После выдерживания в термостате в течение 1 ч при 37°C предпочтительнее во влажной атмосфере – хроматограмму высушивают и обрабатывают нафторезорциновым реагентом. Сразу же прогревают при 90°C. Глюкурониды дают синие пятна (2 мкг), но если проводится ферментативный гидролиз, они более размыты.

28. Реакция с родизоновой кислотой (на сульфат). Реагенты: а) 20 мл конц. HCl, разбавленной 180 мл диоксана; б) 20 мг BaCl₂ в 100 мл 75%-ного метанола; в) 12 мг родизоната калия в 15 мл воды, разбавленные 10 мл 0,880 аммиака и 25 мл этанола. Хроматограмму подвешивают на 3 ч в закрытой камере, насыщенной парами раствора (а). Высушивают в потоке воздуха в сушильном шкафу в течение 1 ч. Погружают в раствор (б), высушивают в потоке воздуха в течение 10 мин. Погружают в раствор (в) и промокают. Сульфаты проявляются в виде желтых пятен на розовом фоне; для дигидроксиацетонсульфата (ДФАСО₄) чувствительность 10 мкг. Это общий реагент для всех органических сульфатов.

29. Реакция с метиленовым синим (на сульфаты). Реагент: 20 мг гистологического красителя метиленового синего (922) и 5 г Na₂SO₄ растворяют в 100 мл воды, и непосредственно перед использованием к полученному раствору осторожно добавляют 1 мл конц. H₂SO₄. Хроматограмму погружают в раствор реагента и промокают; помещают в хлороформ и слегка «прополаскивают» в течение 1–2 мин. Большие количества сульфата проявляются в виде розовато-белых зон на синем фоне перед промыванием CHCl₃. Малые количества проявляются в виде белых зон при промывании; для ДФАСО₄ чувствительность 1 мкг. Эта реакция положительна для всех органических сульфатов, а также органических фосфатов. «Встречное» (повторное) прокрашивание 0,01%-ным раствором родамина-6G в хлороформе приводит к появлению красноватых пятен на синем фоне и желтой флуоресценции в УФ-свете при 360 нм (0,1 мкг).

ДРУГИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Все приведенные ниже реакции неспецифичны, и при интерпретации результатов следует соблюдать определенную осторожность, поскольку сильно различающиеся стероиды, а также нестероидные вещества могут давать одну и ту же реакцию.

30. Фосфорновольфрамовая кислота. Реагент: 15%-ный этанольный раствор фосфорновольфрамовой кислоты. Хроматограмму погружают в раствор реагента, промокают и прогревают в печи при 80°C. Окраска широко варьирует, особенно в случае производных холестана. Ен-5-олы-3β дают розовую окраску (3 мкг).

31. Фосфорномолибденовая кислота. Реагент: 10%-ный раствор додекамолибденовофосфорной кислоты в *n*-пропаноле, фильтрованный (при наличии мути раствор непригоден), необходимо использовать в течение 1 ч. Хроматограмму погружают в раствор реагента, промокают и прогревают, наблюдая за ходом проявления (инфракрасные лампы или печь со стеклянной дверцей). Синие пятна на желтом фоне свидетельствуют о наличии веществ с малым числом кислородсодержащих групп, таких, как стероиды. В реакцию вступают все стероиды с моно- или диоксигенированными ядрами; триоксигенированные ядра реагируют при быстром нагревании в печи (2–5 мкг). Производные *цис*-тестостерона и 17-алкилтестостерона дают красные пятна. Тест «не работает» в случае адсорбционной ТСХ.

32. Иод.

1) Для определения многих стероидов хроматограмму погружают в насыщенный раствор I_2 в петролейном эфире (60–80°C). Для эстрогенов чувствительность 1 мкг; пятна желтого или коричневого цвета.

2) Хроматограмму опрыскивают 0,3%-ным раствором I_2 в 5%-ном водном KI, а затем промывают водой. Ен-4-оны-3 (20–50 мкг) дают желтые пятна; кортизон (15 мкг) синие.

3) Хроматограмму опрыскивают холодным насыщенным раствором I_2 в EtOH. Этот реагент дает синюю окраску с холевой кислотой.

4) Исходный раствор: иодоводородная кислота (d 1,5), насыщенная I_2 . Этот раствор разбавляют в десять раз водопроводной водой непосредственно перед использованием. Пропитывают бумагу. Промывают водопроводной водой до обесцвечивания фона. К числу функциональных групп, дающих реакцию с этим реагентом, относятся α,β -ненасыщенные кетоны, 17-кетоны и гидроксильные группы у атома C_3 в молекуле, содержащей метилкетон или α -кетольную боковую цепь; на хроматограмме проявляются коричневые, оранжевые или синие пятна (8–20 мкг).

Если в дальнейшем предполагается использовать еще какие-то реагенты, удобнее всего обрабатывать хроматограмму по методике, описанной в пункте 1. Остальные способы дают цветные окрашивания с более широким набором стероидов и наиболее удобны при решении каких-то конкретных задач.

33. Бром. Хроматограмму опрыскивают насыщенным водным раствором Br_2 . Нестероидный диэтилстильбэстрол дает малиновое пятно (5 мкг).

Для определения стеролов применяется измененная методика. Хроматограмму обрабатывают парами Br_2 в течение 30 с; опрыскивают растворами: а) насыщенным раствором KI в MeOH; б) 20%-ным раствором крахмала. Стероиды дают темно-синие пятна на бесцветном или светло-голубом фоне (10 мкг).

34. Перманганат калия. Хроматограмму опрыскивают 0,2%-ным $KMnO_4$ в 5%-ном растворе Na_2CO_3 . Промывают в воде до обесцвечивания фона. Кортикостероиды дают коричневую окраску. В реакцию вступают следующие группы: ен-4-он-3, α -кетольная, триолы-17,20,21 (30–70 мкг).

35. Серная кислота.

1) Концентрированную H_2SO_4 наносят тонким слоем на стеклянную пластинку, поверх кладут фильтровальную бумагу. Вещества, содержащие 11-гидроксильную группу, особенно соединения, содержащие F, дают яркую зеленую флуоресценцию. Реакция пригодна для идентификации стероидов $C_{19}O_3$.

2) Согласно другому варианту методики, используется обработка дымящей (15% SO_3) H_2SO_4 . Эстрогены дают в видимом свете окраску от оранжево-желтой до красно-коричневой, в УФ-свете флуоресценцию от желто-зеленой до красно-коричневой. Чувствительность 5 мкг. Этот метод чувствителен, но неспецифичен для C_{19} - и C_{21} -стероидов. Предел обнаружения для прегнадиолов (оранжевые пятна) 5 мкг; для андростандионов (розовые пятна) 50 мкг.

3) Реагент: 1%-ный раствор H_2SO_4 в этаноле. Хроматограмму погружают в реагент, прогревают и прогревают при 100–120°C. Внимательно следят за хроматограммой и вынимают из печи при первых признаках обугливания. Красную окраску с оранжевой флуоресценцией дают ен-4-оны-3; чувствительность 1 мкг. Подавляющее большинство стероидов вступает в реакцию, например в случае тетрагидрокортизона наблюдается желтая, а в случае тетрагидрокортизола синяя флуоресценция; чувствительность 2 мкг.

36. Фосфорная кислота.

1) Хроматограмму погружают в 70%-ную водную H_3PO_4 , кладут на стеклянную пластинку и прогревают при 90°C. Окраска появляющихся пятен широко варьирует, включая пурпурную для прегнантриолов (1–2 мкг). Под действием УФ-света при 360 нм возникает флуоресценция различной окраски. Для желчных кислот был использован 85%-ный этанольный раствор H_3PO_4 .

2) Хроматограмму погружают в 20%-ную водную H_3PO_4 и прогревают при 90°C в течение

20 мин. Большинство стероидов дают окраску, отличающуюся от той, которая наблюдается в тесте, описанном в разд. 35 (пункт 3).

37. *Соляная кислота*. Хроматограмму погружают в конц. HCl, помещают на стеклянную пластинку и прогревают при 60°C в течение 5 мин. 17 α -Алкилированные стероиды дают характерную окраску и флуоресценцию.

38. *Муравьиная кислота*. Хроматограмму погружают в холодную муравьиную кислоту (98–100%-ную). Через несколько минут 7 α -гидроксидегидроэпиандростерон дает зеленую окраску, переходящую в синюю.

39. *Трихлоруксусная кислота (ТХУ)*.

1) Реагент: 10 г ТХУ в 20 мл этанола. Хроматограмму погружают в раствор, промокают и прогревают при 70°C в течение 10 мин. Многие стероиды дают желтую или розовую флуоресценцию (360 нм), но прегнантриолы-3,17,20 дают характерную синюю флуоресценцию (2 мкг).

2) Прогревание с 25%-ной ТХУ в CHCl₃ при 100°C в течение 20 мин дает окраску с сердечными гликозидами и сапогенинами.

40. *Реакция Либермана–Бурхарда*. Реагент: к 20 мл охлажденного до 0°C уксусного ангидрида (*осторожно!* Вызывает слезотечение) медленно и при помешивании добавляют 5 мл конц. H₂SO₄. Хроматограмму быстро погружают в реагент и помещают на стеклянную пластинку.

Разработан и другой вариант методики. Хроматограмму кладут на стеклянную пластинку, а реагент размазывают по поверхности стеклянной палочкой, используя ее как валик. Сверху покрывают другой стеклянной или пластмассовой пластинкой. Через несколько минут холестерин и его эфиры дают зеленую окраску, которая медленно переходит в синюю (5 мкг).

41. *Фосфорномолибденово-вольфрамовая кислота*. Хроматограмму опрыскивают реагентом Фолина на фенолы (фирма BDH), разбавленным непосредственно перед использованием 5 объемами воды. Обрабатывают парами аммиака в течение 5 мин. Эстрогены (0,5 мкг) дают синие пятна; другие стероиды с α -кетольной боковой цепью ярко-синие.

42. *Анилинфталат*. См. «Углеводы», разд. 22 (пункт 1). Стероиды с группировкой ен-4-он-3 в А кольце дают желтые, оранжевые или коричневые пятна на белом фоне. Чувствительность повышается в 10 раз при замене анилина в составе реагента на *n*-фенилендиамин. Чувствительность 2–3 мкг.

43. *Ароматические альдегиды*. Хроматограмму опрыскивают раствором 0,5 мл анисового альдегида в 50 мл CH₃COOH, к которому добавлен 1 мл конц. H₂SO₄. Прогревают при 90°C в течение 2–5 мин. Кортикостероиды дают окрашенные пятна.

Стероидные сапогенины определяют следующим образом. Хроматограмму опрыскивают 1%-ным этанольным раствором одного из перечисленных ниже альдегидов. Высушивают в течение 5 мин. Затем вторично опрыскивают смесью уксусный ангидрид конц. H₂SO₄ (12:1). Прогревают при 85–90°C до появления пятен. Ванилин, анисовый, коричный и салициловый альдегиды дают со стероидными сапогенинами желтые пятна на серо-белом фоне: *n*-диметиламинобензальдегид дает розовые пятна на желтом фоне; 4-ацетокси-2-нафтаальдегид наиболее чувствительный реагент, дающий с сапогенинами красные пятна. Пригоден для ТСХ.

44. *Трихлорид сурьмы. Осторожно!* Очень ядовит.

1) Хроматограмму опрыскивают 10–20%-ным раствором SbCl₃ в CHCl₃. Прогревают при 70–90°C в течение 4 мин. Пятна различных цветов в видимом и УФ-свете дают кортикостероиды, эстрогены (коричневые, желтые и розовые); стероиды C₁₉ и C₂₁, содержащие –ОН группу (20–50 мкг); гликозиды *Digitalis* (< 0,5 мкг); стеролы: эргостерол (0,5 мкг) и холестерол (5 мкг); и стероидные сапогенины (в основном желтые или красновато-оранжевые пятна; чувствительность 2–5 мкг).

2) Хроматограмму опрыскивают раствором 25 г безводного SbCl₃ в 5 мл нитробензола. Это общий реагент на гидроксистероиды, не содержащие кетонных групп (1–2 мкг).

3) Хроматограмму после выдерживания в течение 20 мин в атмосфере Cl_2 опрыскивают свежеприготовленным раствором 380 г SbCl_3 в 100 мл уксусного ангидрида. Бумагу высушивают прогреванием при 90–100°C. Пятна на хроматограмме в УФ-свете могут обнаруживать флуоресценцию, но могут и не флуоресцировать. Чувствительность 0,5–5 мкг (кроме кортизона).

4) Хроматограмму опрыскивают 50%-ным раствором SbCl_3 в ледяной уксусной кислоте. Прогревают при 90–96°C в течение 3–5 мин. Желчные кислоты дают розовую, пурпурную и желтую окраску.

45. *Пентахлорид сурьмы. Осторожно!* Очень ядовит.

Хроматограмму опрыскивают 20–40%-ным раствором SbCl_5 в CHCl_3 . Пятна различного цвета, в основном коричневые и красные, дают эстрогены (15 мкг); стеролы группы витамина D; эргостерол (0,5 мкг); холестерол (5 мкг).

46. *Хлорид железа (III)*. Хроматограмму опрыскивают 2%-ным раствором FeCl_3 в метаноле. Эстрогены дают пурпурные пятна (20 мкг).

В другом варианте методики может быть использован реагент, содержащий 1% FeCl_3 + 1% феррицианид калия. Эстрогены, кортикостероиды и андрогены дают синие пятна. Долговременную фиксацию пятен осуществляют промыванием бумаги в 0,1 М HCl , а затем в воде.

47. *Хлорид цинка*.

1) Хроматограмму опрыскивают 30%-ным раствором безводного ZnCl_2 в метаноле. Прогревают при 130°C в течение 1 ч. Гидроксистероиды дают пятна различного цвета в видимом свете и флуоресценцию в УФ-свете (2–10 мкг).

2) Используют также 40%-ный раствор ZnCl_2 в смеси ледяная уксусная кислота – бензоилхлорид – CHCl_3 (5:7:12). Хроматограмму прогревают при 90°C в течение 5 мин. Кортикостероиды и эстрогены дают в основном оранжевые, розовые или коричневые пятна с желтой или розовой флуоресценцией в УФ-свете; чувствительность 5 мкг. Реагент пригоден для ТСХ.

3) Реагент: 4 г ZnCl_2 смешивают с 0,5 мл воды. При тщательном перемешивании добавляют 25 мл ацетилхлорида. Используют в течение 1 ч после приготовления. Хроматограмму погружают в реагент, помещают на стеклянную пластину и прогревают при 100°C. Многие стероиды дают пятна с различной окраской (2–5 мкг).

48. *Хлорид олова*. Реагент: 0,3 г SnCl_2 и 4 г мочевины растворяют в 10 мл 40%-ной H_2SO_4 . Хроматограмму погружают в реагент, промокают и прогревают на стекле при 80°C. Эстрогены (2–5 мкг) и кортикостероиды (10 мкг) дают флуоресцирующие пятна (УФ-свет, 360 нм).

12. Витамины

ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

Витамин А

1. *Трихлорид сурьмы*. Этот реагент наиболее специфичен (из всех известных) к витамину А. Хроматограмму опрыскивают насыщенным раствором SbCl_3 в CHCl_3 . Витамин А, его эфиры, ретинен и ангидровитамин А дают синюю окраску. *Осторожно!* Реагент чрезвычайно ядовит!

2. *УФ-свет*. Под действием коротковолнового света (256 нм) витамин А флуоресцирует ярким золотисто-коричневым цветом.

Витамин D

1. *Перманганат калия*. ТСХ-пластинку со слоем силикагеля опрыскивают щелочным раствором KMnO_4 ; появляются коричневые пятна.

2. *УФ-свет*. На бумажных хроматограммах под действием коротковолнового УФ-света (256 нм)

витамины D проявляются в виде темных пятен на флуоресцирующем фоне. Под действием длинноволнового света (365 нм) витамины и провитамины флуоресцируют.

3. *Трихлорид сурьмы.* Бумажную хроматограмму опрыскивают 24%-ным раствором SbCl_3 в CHCl_3 и прогревают. Витамины D дают коричневые пятна, а провитамины D и холестерин обладают слегка фиолетовым оттенком. Реагент очень ядовит!

4. *Другие цветные реакции.* Витамины D дают хорошо различимую окраску со многими кислотными реагентами, большинство из которых неспецифичны. Пентахлорид сурьмы* (20%-ный раствор в CHCl_3) очень чувствительный реагент для хроматографического определения (коричнево-синяя окраска). Пятна коричневого цвета образуются также при использовании 33%-ного раствора трихлорида висмута в этаноле или 15%-ного раствора силиковольфрамовой или фосфорновольфрамовой кислоты в этаноле. Диметил-*п*-фенилендиамин в воде дает синюю окраску. После опрыскивания подходящим реагентом хроматограмму обычно прогревают в течение некоторого времени при 60°C. Предел обнаружения ~1 мкг.

Витамин Е (токоферолы)

1. *Дипиридилферрохлорид.* Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью 2,2'-дипиридила (0,5%) и $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,2%) в EtOH . Токоферолы дают ярко-красные пятна. Чувствительность 2–5 мкг. Чувствительность методики может быть значительно повышена, если 2,2'-дипиридил заменить другими реагентами, образующими комплексы с железом; особенно эффективен 4,7-дифенил-1,10-фенантролин (интенсивность окраски увеличивается в 2,5 раза).

2. *УФ-свет.* На бумажных хроматограммах, пропитанных ZnCO_3 и содержащих 10⁻⁴% натрий-флуоресцеина, под действием коротковолнового УФ-света (256 нм) токоферолы могут проявляться в виде темных пятен на флуоресцирующем фоне. Хроматограммы можно также опрыскивать водным раствором натрийфлуоресцеина.

3. *Феррицианид калия.* Хроматограмму опрыскивают 2%-ной HCl в этаноле. Высушивают, а затем вторично опрыскивают 0,05%-ным водным раствором $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. Токоферолы дают ярко-синюю окраску. Чувствительность 1 мкг. Хроматограмму промывают в воде и высушивают в темноте.

4. *Реакция диазотирования.* Хроматограмму опрыскивают избытком 2%-ного раствора Na_2CO_3 , а затем 0,5%-ным раствором диазотированного *о*-дианизидина. Токоферолы, не имеющие метильной группы в положении С-5, дают синюю или фиолетовую окраску, их легко можно различить. Полностью замещенные токоферолы не дают реакции.

5. *Пентахлорид сурьмы.* Тонкослойные хроматограммы опрыскивают 20%-ным SbCl_3^* в CHCl_3 и через 3 мин наблюдают. Токоферолы дают пятна самых разных цветов, что зависит также от используемого адсорбента. Предел обнаружения 2 мкг. Оптимальная окраска появляется при 20–50 мкг.

Витамин К

1. *УФ-свет.* Под действием коротковолнового УФ-света витамины К проявляются в виде темных пятен на флуоресцирующем фоне.

2. *Реакция диазотирования.* Хроматограмму опрыскивают смесью *п*-нитроанилин (0,4%-ный раствор в 0,33 М HCl) + NaNO_2 (1%-ный водный раствор) + мочевины или сульфамата аммония (5%-ный водный раствор) + H_2O (1:1:1:7). Витамин К дает красноватое пятно.

* Очень ядовит!

3. *Лейкометиленовый синий*. Реагент: растворяют 100 мг метиленового синего в 100 мл этанола, добавляют 1 мл уксусной кислоты и 1 г цинковой пыли; перемешивают до исчезновения синей окраски. При опрыскивании хроматограммы реагентом витамины К дают синие пятна (предел обнаружения ~1 мкг), но многие другие хиноны, особенно убихиноны и пластохиноны, также дают реакцию.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ

Тиамин и его производные

1. *УФ-свет*. Тиамин и его производные сильно поглощают при 250–260 нм. Не следует использовать хроматографические растворители, поглощающие в УФ-свете, например фенол, *n*-толуолсульфоновую кислоту.

2. *Феррицианид калия*. Хроматограмму опрыскивают смесью 2,5%-ный раствор $K_3Fe(CN)_6$ 10%-ный NaOH–55%-ный EtOH (0,1:5:5). Тиамин и его эфиры окисляют до тioxромов, флуоресцирующих в УФ-свете. Чувствительность 0,5 мкг.

3. *Висмутидиод калия*. Реагент: 5 г висмутидиода калия добавляют к 100 мл H_2O , содержащей 0,5 мл конц. HCl. Кипятят и после охлаждения фильтруют. При опрыскивании этим реагентом производные тиамина дают пятна от красно-пурпурных до оранжевых. Фоновую окраску убирают промыванием хроматограммы в эфире, насыщенном H_2O . Чувствительность 0,1 мкг.

Пиридоксин

1. *УФ-свет*. Пиридоксин поглощает в УФ-свете при 297 нм.

2. *2,6-Дихлорохинонхлороимид* (реагент Гиббса)*. Хроматограмму опрыскивают 0,1%-ным раствором 2,6-дихлорохинонхлороимидом в бензоле. Затем бумагу обрабатывают парами NH_3 . Витамин B_6 дает синие пятна. Чувствительность 1 мкг.

3. *Фенилгидразин*. Хроматограмму опрыскивают насыщенным раствором фенилгидразина в 95%-ном этаноле, содержащим 10% уксусной кислоты. Пиридоксин дает желтое пятно (1 мкг).

4. *Диазотированный *n*-аминоацетофенон*. Реагент для опрыскивания состоит из следующих растворов: а) 3,18 г *n*-аминоацетофенона + 45 мл конц. HCl; разбавляют водой до 1 л. б) 2,25%-ный раствор $NaNO_2$; в) 25%-ный раствор ацетата натрия. Хроматограмму опрыскивают свежеприготовленной смесью (а):(б):(в) = 2:10:10. Прогревают в течение 10 мин при 50–60°C. Пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамин и их фосфаты дают розовые, оранжевые и желтые пятна.

Никотиновая кислота и родственные соединения

1. *Реакция Кенига*. Бумажную хроматограмму подвешивают в закрытом сосуде над кристаллами бромциана и выдерживают в течение 30–60 мин. Гидразид изоникотиновой кислоты, гидразид никотиновой кислоты и гидразид изопропилизоникотиновой кислоты дают специфическую синюю флуоресценцию в УФ-свете. После обработки бромцианом хроматограмму опрыскивают одним из растворов ароматического амина:

1) Хроматограмму опрыскивают раствором 2 г *n*-аминобензойной кислоты в 75 мл 0,75 М HCl, разбавленным до 100 мл 96%-ным этанолом. Никотиновая кислота дает желтое пятно; никотинамид – ярко-желтое; никотинмочевая кислота – оранжевое; диэтилникотинамид (корамин) – розовое. Чувствительность 0,1 мкг. Производные изоникотиновой кислоты не дают окраски или дают очень слабую.

2) Хроматограмму опрыскивают 0,25%-ным раствором бензидаина в 50%-ном этаноле. Никотиновая кислота дает красно-фиолетовое пятно; изоникотиновая кислота – серовато-бледно-

* Осторожно! Близкородственные соединения взрывоопасны при температуре > 50°C.

лиловое; никотинамид красно-фиолетовое; корамин фиолетовое. Чувствительность 5 мкг. *Осторожно!* Бензидин – канцероген.

2. *Пикрилхлорид*. Хроматограмму погружают в 1,5%-ный раствор пикрилхлорида в этаноле. Высушивают. Подвешивают в камере, наполненной парами NH_3 . Пиридин, никотиновая кислота, изоникотиновая кислота, никотинамид и изоникотинамид дают красные пятна, но после обработки парами уксусной кислоты остаются красно-пурпурные пятна гидразида изоникотиновой кислоты, гидразида никотиновой кислоты и гидразида изопропилизоникотиновой кислоты. Чувствительность 5 мкг.

Пантотеновая кислота и ее производные (кофермент А)

1. *Нингидрин*. См. «Аминокислоты», разд. 1. Производные пантотеновой кислоты дают пурпурные пятна. Пантотеновая кислота не дает окраски.

2. *β -Нафтохинон-4-сульфонат (реагент Фолина)*. Хроматограмму опрыскивают 0,5%-ным раствором β -нафтохинон-4-сульфоната, доведенным до pH 9,2 9,4 тетраборатом натрия. Прогревают в течение 10 мин при 100°C. Пантотеновая кислота дает интенсивное желтое пятно; β -аланин красновато-оранжевое. Выдерживают на свету в течение нескольких часов до обесцвечивания фона.

3. *УФ-свет*. CoA и ацетил-CoA вызывают тушение естественной флуоресценции бумаги благодаря наличию в их составе аденина.

4. *Нитропруссид*. Хроматограмму опрыскивают 3%-ным раствором NaOH в 95%-ном метаноле. Затем вторично опрыскивают нитропруссидным реагентом («Аминокислоты», разд. 17, пункт а). Это дает положительный тест на —SH группу алкилмеркаптанов. По другой методике предлагается хроматограмму опрыскивать 5%-ным NaCN и 5%-ным Na_2CO_3 в 25% EtOH, а затем через несколько минут вторично 2%-ным раствором нитропруссид натрия в 75%-ном этаноле. С помощью этого метода определяют наличие связей $-\text{S}-\text{S}-$ окисленного CoA и т. д.

Инозит

1. *Щелочной раствор нитрата серебра*. Обнаруживают невосстанавливающие вещества с помощью смеси ацетон AgNO_3 спиртовой NaOH или аммиачного AgNO_3 (см. «Углеводы», разд. 1). Неспособность пятна, предположительно (по тесту с AgNO_3) относящегося к инозиту, реагировать с другими специфическими реагентами (см. ниже разд. 2), применяемыми для идентификации различных классов восстанавливающих сахаров, исключает по крайней мере эти типы соединений.

2. *Другие реагенты на углеводы*. Многие общие реагенты на углеводы, такие, как периодат, могут применяться для определения инозита.

3. *Реакция с родизоновой кислотой*. Реагенты: а) 10 мл конц. HNO_3 в 90 мл этанола; б) *n*-Бутанол ледяная уксусная кислота 10%-ный (масс./об) водный раствор ацетата бария – CaCl_2 (40 г + 10 г + 10 г + 0,5 г); в) 5%-ный (масс./об.) раствор CaCl_2 в 50%-ном водном этаноле. Хроматограмму погружают в раствор (а), прогревают при 95–100°C в течение 10 мин, обрабатывают парами NH_3 1–2 с, а затем погружают в раствор (б). Инозит дает оранжевую окраску на белом фоне; чувствительность 8–10 мкг. Для повышения чувствительности хроматограмму опрыскивают раствором (в) и прогревают при 95–100°C в течение 2 мин; наблюдается переход оранжевых пятен в розовые; чувствительность 1 мкг. По несколько измененной методике можно также определять инозитфосфат. Аминокислоты и альдогексозы не мешают, и реагент можно использовать с последующим определением аминокислот нингидрином.

Аскорбиновая кислота

1. *Щелочной раствор нитрата серебра*. Аскорбиновая кислота определяется путем опрыскивания различными реагентами, содержащими щелочной раствор AgNO_3 (см. «Углеводы», разд. 1).

2. *2,6-Дихлорофенолиндофенол (реактив Тиллманна)*. Реагент: 0,8 г 2,6-дихлорофенолиндофенола растворяют в 1 л воды и разбавляют равным объемом этанола. Опрыскивают хроматограмму. Аскорбиновая кислота и родственные диенолы дают бесцветные пятна на темно-синем фоне. Чувствительность 1-2 мкг.

3. *Соль железа о-фенантролин*. Хроматограмму опрыскивают смесью 0,15%-ный раствор железоаммонийсульфата - 2%-ный раствор о-фенантролингидрохлорида (1:9). Высушивают при 80-100°C. Мочевая кислота (0,5 мкг) и аскорбиновая кислота восстанавливают Fe^{3+} до Fe^{2+} , в результате чего образуется красное пятно.

21. Носители для ионообменной и аффинной хроматографии и гель-фильтрации

1. Ионообменные смолы

Ионообменные смолы представляют собой поперечно-сшитые полимерные матрицы, к которым присоединены ионизованные или способные к ионизации группы. Большинство ионообменных смол получают на основе полистирольных (далее обозначены буквой S) или метакрилатных (A) матриц, поперечно-сшиваемых дивинилбензолом. Смола получается в виде сферических зерен или в некоторых случаях в виде гранул неопределенной формы и обладает довольно жесткой гелевой структурой. Размер пор в гелевых смолах, а значит, и размер молекул, способных диффундировать внутрь зерен смолы, зависят от степени поперечной сшивки смолы, которая в свою очередь зависит от содержания дивинилбензола. Смолы с относительно высокой степенью сшивки (8–12%) пригодны для хроматографии малых ионов, а смолы с низкой степенью сшивки (2–4%) пригодны для хроматографии больших молекул. Смолы с низкой степенью сшивки сильнее набухают в воде и обладают более низкой механической прочностью, чем полимеры с высокой степенью сшивки.

Недавно получен ряд макропористых (MP) и макросетчатых (MR) ионообменных смол. Они также получают на основе полистирольных и полиакрилатных полимеров, но имеют большие дискретные поры, заключенные в жесткую структуру. Большие поры обеспечивают доступ к ионизируемым группам внутри зерен более крупных молекул, таких, как белки.

Многие выпускаемые ионообменные смолы имеют марку «аналитические» и «хроматографические»; они специальным образом очищаются и тщательно фракционируются по размеру частиц в установленных пределах. Ниже приведены коммерчески доступные сорта смол с указанием их основных характеристик.

Устойчивость. Приведены максимальные рабочие температуры различных смол. Большинство смол довольно устойчивы к органическим растворителям, таким, как спирты, и ко всем окислителям и восстановителям (кроме наиболее агрессивных). Большинство из них также устойчивы в широком диапазоне pH, хотя при этом они не всегда сохраняют свойства высокоэффективных ионообменников (см. ниже).

Размер частиц. При работе с ионообменной смолой, состоящей из мелких частиц, быстрее достигается равновесное состояние, что приводит к повышению эффективности данного объема смолы и более четкому разделению. Высокая эффективность разделения зависит также от разброса размеров частиц смолы. Для колоночного разделения рекомендуются частицы размером ≤ 100 –200 мкм; более грубые сорта больше подходят для неколонных операций. Для обессоливания размер частиц не имеет значения.

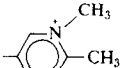
Обменная емкость. Обменная емкость ионообменной смолы зависит не только от концентрации ионизируемых групп в смоле, но также и от степени ионизации. Ионообменники, несущие сильнокислотные или сильноосновные группы, эффективны в широком диапазоне pH. Ионообменники со слабокислотными или слабощелочными группами имеют более узкий рабочий диапазон pH, зависящий от pK_a функциональной группы.

Поставщики

- 1) Dow Chemical Company, США: смолы дауэкс.
- 2) Bio-Rad Laboratories, США: смолы AG (по свойствам близки смолам дауэкс, аналитические); смолы биорекс; смолы хелекс.
- 3) Rohm and Haas Company, США: смолы амберлит.
- 4) Dia-Prosium Ltd.: смолы дуолит (BDH Chemicals Ltd., Великобритания). Ранее выпускались зеролиты, зеокарбы и деацитиды.

а) АНИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ

Смола (марка)	Тип полимера ^a	Основность и функциональная группа	Степень сшивки, %	Размер частиц, меш (стандарт США)	Обменная емкость набухшей смолы, м.экв/мл	Содержание воды, %	Макс. рабочая темп., °С	Примечания
Дауэкс 1-X2 (AG 1-X2)	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	2	Сухая смола 50–100, 100–200, 200–400, —400	0,7	70–78	50 (ОН [–] -форма) 150 (Cl [–] -форма)	Ряд селективности для однозарядных анионов: I > фенолят > HSO ₄ > NO ₃ > Br > CN > Cl > HCO ₃ > формиат > ацетат > OH > F.
Дауэкс 1-X4 (AG 1-4X)	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	4	Сухая смола 20 50, 50–100, 100–200, 200 400, —400	1,2	59–65	50 (ОН [–] -форма) 150 (Cl [–] -форма)	
Дауэкс 1-X8 (AG 1-X8)	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	8	Сухая смола 20 50, 50–100, 100–200, 200 400, —400	1,4	39–45	50 (ОН [–] -форма) 150 (Cl [–] -форма)	
AG MP-1	MP	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃		Сухая смола 20–50, 50–100, 100–200, 200 400	1,2	56–64		
Амберлит IRA-401	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	4	Набухшая смола 16–50	1,0	59–65	60 (ОН [–] -форма) 77 (Cl [–] -форма)	Хроматографический сорт IRA-400.
Амберлит IRA-402	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	6	Набухшая смола 16–50	1,25	53–60	60 (ОН [–] -форма) 77 (Cl [–] -форма)	
Амберлит IRA-400	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	8	Набухшая смола 16–50	1,4	42–48	60 (ОН [–] -форма) 77 (Cl [–] -форма)	
Амберлит CG-400	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	8	Сухая смола 100–200, 200–400	1,4		60 (ОН [–] -форма) 77 (Cl [–] -форма)	
Амберлит IRA-904	MR	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃		Набухшая смола 20–50	0,7	56–62	60 (ОН [–] -форма) 77 (Cl [–] -форма)	
Дуолит 113	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	2–3	Набухшая смола 16–50	1,3	1,5–2,0 ⁶	60	Аналогичен зеролиту FF(ip) и деацититу FF (ip).
	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	3–5	Набухшая смола 16–50	1,3	1,0–1,5 ⁶	60	
	S	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃	7–9	Набухшая смола 16–50, 50–100	1,3	0,6–1,0 ⁶	60	
Дуолит A161	MP	Сильное основание —CH ₂ N ⁺ (CH ₃) ₃		Набухшая смола 16–45	1,1	53–57	60 (ОН [–] -форма) 100 (Cl [–] -форма)	Аналогичен зеролиту MPF.

Дауэкс 2-X8 (AG 2-X8)	S	Сильное основание $\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$	8	Сухая смола 20 50, 50–100, 100 200, 200 400	1,4	34 40	30 (OH ⁻ -форма) 150 (Cl ⁻ -форма)	Ряд селективности для однозарядных анионов: фенолят > I > HSO ₄ > > NO ₃ > Br > CN > Cl > > OH > формиат > ацетат > F.
Дауэкс 2-X10 (AG 2-X10)	S	Сильное основание $\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$	10	Сухая смола 100 200	1,5	28–36	30 (OH ⁻ -форма) 150 (Cl ⁻ -форма)	
Амберлит IRA-410	S	Сильное основание $\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$	8	Набухшая смола 16 50	1,4	40–45	40 (OH ⁻ -форма) 77 (Cl ⁻ -форма)	
Дуолит A116	S	Сильное основание $\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$		Набухшая смола 16 -50	1,4	43 50	35 (OH ⁻ -форма) 75 (Cl ⁻ -форма)	Аналогичен зеролиту N(ip) и деацидиту N(ip).
Дуолит A162	MP	Сильное основание $\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$		Набухшая смола 16 45	1,1	48 53	35 (OH ⁻ -форма) 75 (Cl ⁻ -форма)	Аналогичен зеролиту MPN.
Биорекс 9		Сильное основание 		Сухая смола 20 50, 50 100, 100–200, 200–400	1,3	46 54	50 (OH ⁻ -форма) 100 (Cl ⁻ -форма)	О. уст. к сильным окисл., напр. к горячей конц. HNO ₃ .
Биорекс 5	AA	Смешанные слабо- и сильноосновные груп- пы; третичный амин плюс $-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$		Сухая смола 20 50, 50 100, 100–200, 200–400	2,8	50 58	60	
Дуолит A303	S	Смешанные слабо- и сильноосновные груп- пы, третичный амин плюс четвертичный аммоний	7–9	Набухшая смола 16 -50	1,3	46–51	70	Аналогичен зеролиту H(ip) и деацидиту H(ip).
Дуолит A378	MP	Смешанные слабо- и сильноосновные груп- пы; третичный амин и четвертичный аммо- ний		Набухшая смола 16 50	1,6	55–61	60 (OH ⁻ -форма) 100 (Cl ⁻ -форма)	Аналогичен зеролиту MPN
Дауэкс 3-X4A (AG 3-X4A)	S	Слабое основание $-\text{CH}_2\text{NR}_2$	4	Сухая смола 20–50, 100–200, 200–400	1,9	40–45	65	Использ. при pH ≤ 7.

Смола (марка)	Тип полимера ^a	Основность и функциональная группа	Степень сшивки, %	Размер частиц, меш (стандарт США)	Обменная емкость набухшей смолы, мэкв/мл	Содержание воды, %	Макс. рабочая темп., °C	Примечания
Амберлит IR-45	S	Слабое основание; третичный амин		Набухшая смола 16-50	1,9	40-45	100	Использ. при pH 1-9.
Амберлит IRA-67	A	Слабое основание; третичный амин		Набухшая смола 18-50	1,6	56-62	75	То же самое, что амберлит IRA-47. Использ. при pH 0-7.
Амберлит IRA-93	MR	Слабое основание; третичный амин		Набухшая смола 16-50	1,4	50-58	100	Использ. при pH 1-7.

6) КАТИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ

Смола (марка)	Тип полимера ^a	Кислотность и функциональная группа	Степень сшивки, %	Размер частиц, меш (стандарт США)	Обменная емкость набухшей смолы, мэкв/л	Содержание воды, %	Макс. рабочая темп., °C	Примечания
Дауэкс 50 W-X2 (AG 50 W-X2)	S	Сильная кислота $-\text{SO}_3^-$	2	Сухая смола 50-100, 100-200, 200-400	0,7	75-83	150	Ряд селективности для однозарядных катионов: $\text{Ag} > \text{Rb} > \text{Cs} > \text{K} > \text{NH}_4 > \text{Na} > \text{H} > \text{Li}$; для двухзарядных: $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$.
Дауэкс 50 W-X4 (AG 50 W-X4)	S	Сильная кислота $-\text{SO}_3$	4	Сухая смола 20-50, 50-100, 100-200, 200-400, -400	1,2	64-72	150	
Дауэкс 50 W-X8 (AG 50 W-X8)	S	Сильная кислота SO_3^-	8	Сухая смола 20-50, 50-100, 100-200, 200-400, -400	1,7	50-56	150	
Дауэкс 50 W-X12 (AG 50 W-X12)	S	Сильная кислота $-\text{SO}_3^-$	12	Сухая смола 50-100, 100-200, 200-400, -400	2,3	42-48	150	
Дауэкс 50 W-X16 (AG 50 W-X16)	S	Сильная кислота $-\text{SO}_3^-$	16	Сухая смола 200-400	2,6	36-44	150	

Амберлит IR-120	S	Сильная кислота —SO ₃ ⁻	8	Набухшая смола 16 50	1,9	49–55	120	Хроматографическая марка смолы амберлит IR-120. Аналогичен зеролиту 225 и зеокарбу 225.
Амберлит CG-120	S	Сильная кислота SO ₃	8	Сухая смола 100 200, 200 400	1,9		120	
Дуолит 225	S	Сильная кислота —SO ₃	4	Набухшая смола 16 50, 50–100	4,5–5,0 мэкв/г, (сухая смола)	1,2 1,6 ⁶	120	
	S	Сильная кислота SO ₃ ⁻	8	Набухшая смола 16 50, 50 100, 100–200, >200	4,5 5,0 мэкв/г (сухая смола)	0,68–0,85 ⁶	120	
	S	Сильная кислота SO ₃ ⁻	12	Набухшая смола 16–50, 50 100	4,5 5,0 мэкв/г (сухая смола)	0,46–0,7 ⁶	120	
Дуолит C255	S	Сильная кислота SO ₃ ⁻	10	Набухшая смола 16 35	2,0	45 49	140	Аналогичен зеролиту 325 и зеокарбу 325.
Дуолит C26C	MP	Сильная кислота SO ₃	Высо- кая	Набухшая смола 16 50	1,8	41 47	140	Аналогичен зеролиту 625 и зеокарбу 625.
Амберлит IRC-50	A	Слабая кислота —COO ⁻	5	Набухшая смола 16–50	3,5	40–50	120	Применима в диапазоне pH 5–14.
Амберлит CG-50	A	Слабая кислота COO ⁻	5	Сухая смола 100–200, 200–400	3,5		120	Хроматографический сорт смолы амберлит IRC-50. Исполыз. при pH 5 ÷ 14.
Дуолит 436	A	Слабая кислота —COO ⁻	2,5	Набухшая смола 16 50	3,7	1,1–1,5 ⁶	100	Исполыз. при pH 6 ÷ 9; уст. при pH 1 ÷ 14. То же самое, что зеролит 236.
Биорекс 70	MR, A	Слабая кислота —COO ⁻	10	Сухая смола 20–50, 50–100, 100–200, 200–400, –400	3,3	65–74	100	Ряд селективности для однозарядных катионов: H >> Ag > K > Na > Li. Для двухзарядных: H >> >> Fe > Ba > Sr > Ca > Mg.

Смола (марка)	Тип полимера ^a	Кислотность и функциональная группа	Степень сшивки, %	Размер частиц, меш (стандарт США)	Обменная емкость набухшей смолы, мэкв/л	Содержание воды, %	Макс. рабочая темп., °С	Примечание
Хелекс 100	S	Слабая кислота $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COO}^- \\ \\ -\text{CH}_2\text{N} \\ \\ \text{CH}_2\text{COO}^- \end{array}$		Сухая смола 50–100, 100 200, 200 400, –400	0,4	68–76	75	Хелатирующая смола; более высокая селективность к двухзарядным ионам по сравнению с однозарядными. Ряд селективности: $\text{Cu} > \text{Fe}^{3+} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Ag}^+ > \text{Co} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mn} > \text{Ba} > \text{Ca} \gg \text{Na}^+$. Для однозарядных катионов: $\text{H} \gg \text{Li} > \text{Na} > \text{K}$. Наиболее эффективен при $\text{pH} > 4$.

^a Тип полимера: S –полистирольная смола, поперечно-сшитая дивинилбензолом; А –полиметакриловая смола, поперечно-сшитая дивинилбензолом; АА –полиалкиленаминовая смола; МР –макропористая смола; МR –макросетчатая смола.

^b Емкость по поглощению воды: для анионообменных смол – масса воды, связываемой 1,0 г смолы в хлоридной форме; определяется как разность навески смолы после отделения межгранульной воды центрифугированием и после ее высушивания; для катионообменных смол – масса воды, связываемой 1,0 г смолы в водородной форме; определяется так же.

2. Ионообменники на основе целлюлозы

Поставщики:

Whatman Chemical Separation Ltd, Великобритания;
Bio-Rad Laboratories, США (смолы целлекс);
Serva Feinbiochemica, ФРГ (смолы сервацел);
Pharmacia Fine Chemicals, Швеция (смолы сефацел).

Типы целлюлозы:

F – целлюлозные волокна, получаемые из целлюлоз древесины или хлопка, обработанные таким образом, чтобы уменьшить содержание мелких порошкообразных частиц, и в некоторых случаях (фирма Serva) поперечно-сшитые диэпоксидами. Размер волокон может меняться в широком диапазоне.

M – микрогранулированная целлюлоза; целлюлоза, обработанная таким образом, чтобы увеличить содержание микрокристаллической целлюлозы, и поперечно-сшитая. По внешнему виду частицы этой смолы представляют собой короткие палочки, однородные по размеру, что улучшает хроматографические характеристики и делает свойства более стандартизированными.

B – сферическая целлюлоза; микрокристаллическая целлюлоза, стабилизированная поперечными сшивками, частицы которой имеют форму шариков.

Обменная емкость. Приведенные данные соответствуют приблизительно максимальным значениям, получаемым при хроматографии малых ионов. На обменную емкость макромолекул могут влиять многие факторы, например pH, ионная сила, явления молекулярной эксклюзии и т. д.

Более подробную информацию об этих ионообменниках, методах работы с ними и конкретных примерах применения можно получить от поставщиков.

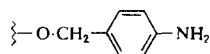
а) АНИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ

Смола	Химический состав	Тип целлюлозы	Обменная емкость, мэкв г	Удельный объем, мл г сухой смолы	Примечания
АЭ-целлюлоза Сервацел АЕ	Аминоэтилцеллюлоза $\text{--O}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{NH}_2$		0,3 0,4		Слабое основание. Чаще всего использ. в качестве носителя (с присоединенными через NH_2 -гр. лигандами) для аффинной хроматографии. Размер частиц 50–200 мкм.
БД-целлюлоза	Бензоилированная диэтиламиноэтил (ДЭАЭ)-целлюлоза				Слабое основание. pK_a 9. Получают бензоилированием всех гидроксильных гр. ДЭАЭ-целлюлозы, что делает ионообменник чрезвычайно гидрофобным. Поставляют в гидратированном виде.
Целлекс BD Сервацел BD		F F	$0,38 \pm 0,08$ 0,35	16	Размер частиц в набухшем состоянии 50–300 мкм.
БНД-целлюлоза	Бензоилированная нафтоилированная ДЭАЭ-целлюлоза				Слабое основание. По характеристикам аналогична BD-целлюлозе, но в качестве функциональных групп содержит смесь бензоильных и нафтоильных (~10%) остатков, что делает ионообменник еще более гидрофобным.
Сервацел BND		F	0,2 0,3		Размер частиц в набухшем состоянии 50–300 мкм.
ДЭАЭ-целлюлоза	Диэтиламиноэтилцеллюлоза $\text{--O}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{NEt}_2$				
Ватман DE23		F	1,0	8,3 (pH 6,0)	Основание средней силы. pK_a 9,5.
Ватман DE51		M	0,22	9,1 (pH 7,5)	Поставляют набухшей в цитратной форме.
Ватман DE52 32		M	1,0	6,0–6,3	DE52 – набухшая форма, DE32 – сухая форма того же материала.
Ватман DE53		M	2,0		Поставляют набухшей в хлоридной форме
Целлекс D (низкая емкость)		F	$0,4 \pm 0,1$	8	
Целлекс D (стандартная емкость)		F	$0,7 \pm 0,1$	6,25	
Целлекс D (высокая емкость)		F	$0,9 \pm 0,05$	7,8	

Сервацел DEAE 23 SN	F	0,4 0,55	8,5	Размер частиц 50–200 мкм.
Сервацел DEAE 23 SS	F	0,55 0,75	7,5	Размер частиц 50–200 мкм.
Сервацел DEAE 23 SH	F	0,75 0,9	6,5	Размер частиц 50–200 мкм.
Сервацел DEAE 52/32	M	0,9–1,0	5,5	DEAE 52 – набухающая форма, DEAE 32 сухая форма того же материала. Размер частиц 100–200 мкм.
Сервацел DEAE 80	B	0,8–1,0		Диаметр зерен смолы 50–150 мкм.
ДЭАЭ-сефацел	B	1,4 ÷ 0,1		Поставляют набухшей. Диаметр зерен 40–160 мкм.
ECTEOLA-целлюлоза				Слабое основание, pK_a 7,5.
Целлекс E	F	0,3 ± 0,05	3,5	
Сервацел ECTEOLA 23	F	0,3 0,4	7,5	Размер частиц 50–200 мкм.
ПАБ-целлюлоза				Слабое основание. Можно диазотировать и присоединять белки, нуклеиновые кислоты и т.д.; носитель для аффинной хроматографии.
				Размер частиц 50–200 мкм.
Сервацел PAB 23	F	0,15 0,2	9	
ПЭИ-целлюлоза				
Сервацел PEI				
ЧАЭ-целлюлоза	F	0,1	7	Размер частиц 50–100 мкм. Сильное основание.
Целлекс QAE	F	0,7 0,9	8	Противоион Bg^- .
ТЭАЭ-целлюлоза				
Целлекс Т	F	0,4–0,6	6	Основание средней силы. pK_a 9,5. Аминогруппы кватернизованы, а карбоксильные группы этерифицированы.
Сервацел TEAE 23	F	0,55 0,75	6	Противоион Bg^- . Размер частиц 50–200 мкм.

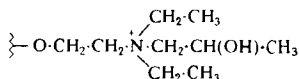
Продукт конденсации эпихлоргидрина, триэтанол-амина и целлюлозы. Структура неопределенная

n-Аминобензилцеллюлоза

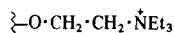


Высокомолекулярный полиэтиленмин, адсорбированный на очень слабо фосфорилированных целлюлозных волокнах

Аминоэтилцеллюлоза с четвертичными аммониевыми группами



Триэтиламиноэтилцеллюлоза



Смола	Химический состав	Тип целлю- лозы	Обменная емкость, мэкв/г	Удельный объем мл/г сухой смолы	Примечания
КМ-целлюлоза	Карбоксиметилцеллюлоза				Слабая кислота. pK_a 4.
Ватман CM23	} $O \cdot CH_2 \cdot COOH$	F	0,6	9,1	Противоион Na^+ .
Ватман CM52/CM32		M	1,0	6,7	CM 52 набухшая форма; CM 32 сухая форма того же материала. Противоион Na^+ .
Целлекс CM		F	$0,7 \pm 0,1$	7	Размер частиц 50-200 мкм. CM 52 - набухшая форма; CM 32 - сухая форма того же материала. Размер частиц 100-200 мкм. Диаметр шариков 50-150 мкм.
Сервацел CM 23		F	$0,6 \pm 0,1$	9,5	
Сервацел CM52/CM32		M	1,0	5	
Сервацел CM 80		B	$1,0 \pm 0,1$	~12	
Гидроксифенилазонафтилцеллюлоза					Слабый катионообменник, обладающий хелатирующими свойствами. Высокоселективен к тяжелым металлам. Размер частиц ~ 70 мкм.
Сервацел CHEL		F	0,4-0,5		
Ф-Целлюлоза	Фосфоцеллюлоза				Двухосновная кислота. pK_a 1,5; 6.
Ватман P1	} $O-PO_3H_2$	Floc 3,7 (диссоциация по 1-й ступени)			Противоион моно- NH_4^+ .
		5,7 (полная диссоциация)			
Ватман P11		F 3,2 (диссоциация по 1-й ступени)			Противоион моно- NH_4^+ .
		5,2 (полная диссоциация)			
Целлекс P		F	$0,85 \pm 0,1$	4,5	Размер частиц 50-200 мкм. Диаметр шариков 50-150 мкм.
Сервацел P23		F	0,8-0,9	4,5	
Сервацел P80		B	$1,0 \pm 0,1$	~6	
СЭ-целлюлоза	Сульфозтилцеллюлоза				Сильная кислота.
Ватман SE53	} $O \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot SO_3^-$	M	2,3		Противоион Na^+ . Поставляется в набухшей форме.
Сервацел SE 23		F	0,2-0,3	5,5	Размер частиц 50-200 мкм.
Сервацел SE 80		B	0,2-0,3	~10	Диаметр шариков 50-150 мкм.

3. Декстрановые и агарозные ионообменники

Эти ионообменники получают на основе носителей для гель-фильтрации поперечно-сшитых декстранов (сефадекс) или агароз (сефароза CL, биогель А). Они обладают свойствами ионообменников и гель-фильтрующих материалов и гораздо меньшей обменной емкостью к молекулам, превышающим по своим размерам предел эксклюзии ионообменника в условиях эксперимента. Из-за наличия заряженных групп степень набухания таких смол и, следовательно, предел эксклюзии варьируют в зависимости от рН и ионной силы (нехарактерным для гель-фильтрующих материалов образом).

Смола	Химический состав	Носитель	Обменная емкость, мэкв г	Удельный объем ^a , мл г сухой смолы	Примечания
Анионообменники					
ДЭАЭ	$\text{--O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{NEt}_2$				Основание средней силы. pK_a 9,5
ДЭАЭ-сефадекс А-25		Сефадекс G-25	$3,5 \pm 0,5$	5	
ДЭАЭ-сефадекс А-50		Сефадекс G-50	$3,5 \pm 0,5$	28	
ДЭАЭ-сефароза CL-6B		Сефароза CL-6B	$0,15 \pm 0,02^b$	Набухшая смола	Предел эксклюзии $\sim 1 \cdot 10^6$
ДЭАЭ-биогель А		Биогель А (4% агарозы)	$0,02 \pm 0,005^b$	Набухшая смола	
ЧАЭ					Сильное основание.
ЧАЭ-сефадекс А-25	$\text{--O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{N} \begin{array}{c} \text{Et} \\ \diagup \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{Et} \end{array}$	Сефадекс G-25	$3,0 \pm 0,4$	6	
ЧАЭ-сефадекс А-50		Сефадекс G-50	$3,0 \pm 0,4$	38	
Катионообменники					
КМ	$\text{--O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$				Слабая кислота. pK_a 4.
КМ-сефадекс C-25		Сефадекс G-25	$4,5 \pm 0,5$	10	Противоион Na^+ .
КМ-сефадекс C-50		Сефадекс G-50	$4,5 \pm 0,5$	45	Противоион Na^+ .
КМ-сефароза CL-6B		Сефароза CL-6B	$0,12 \pm 0,02^b$	Набухшая смола	Предел эксклюзии $\sim 1 \cdot 10^6$.
КМ-биогель А		Биогель А (4% агарозы)	$0,02 \pm 0,05^b$	Набухшая смола	
СП (сульфопропил)	$\text{--O} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{SO}_3^-$				Сильная кислота.
СП-сефадекс C-25		Сефадекс G-25	$2,3 \pm 0,3$	7	Противоион Na^+ .
СП-сефадекс C-50		Сефадекс G-50	$2,3 \pm 0,3$	38	Противоион Na^+ .

^a Удельный объем смолы в набухшем состоянии может варьировать в зависимости от ионной силы и pH буферного раствора. Значения приведены для $I = 0,05$ и pH 8 (анионообменники) или pH 6 (катионообменники). Влияние ионной силы сильнее всего проявляется в случае ионообменников на основе сефадекса 50, у которых удельный объем чрезвычайно резко падает с увеличением ионной силы до значения $I = 0,1$. Подробнее см. в литературе, издаваемой фирмой-поставщиком [Ion exchange chromatography: principles and methods, Pharmacia].

^b Обменная емкость набухшего геля.

4. Носители для гель-фильтрации

а) СЕФАДЕКСЫ И БИОГЕЛИ МАРКИ Р

Сефадекс (Pharmacia Fine Chemicals, Швеция). *Серия G*: Сферические декстрановые гели, поперечно-сшитые эпихлорогидрином. Чрезвычайно гидрофильные, набухают в воде и водных солевых растворах. Различные типы гелей имеют различные степени сшивки и, следовательно, различаются по степени набухания, размерам пор и интервалу фракционирования. Степень набухания практически не зависит от солей и детергентов, в то время как интервал фракционирования меняется под действием солей, хаотропных агентов, детергентов. Сефадексы устойчивы при pH 2 ÷ 12 в присутствии мочевины и детергентов и в органических растворителях. Разрушаются в сильных кислотах и в результате длительного воздействия окислителей. Можно стерилизовать автоклавированием при 120°C; при температурах > 120°C начинают карамелизоваться.

Серия LH: LH-20 и LH-60 получают из G-25 и G-50 путем гидроксипропилирования. Характер разделения может определяться не только гель-фильтрацией, но также адсорбционной и распределительной хроматографией. Устойчивость такая же, как и у серии G. Могут быть использованы в органических или водно-органических растворах. Степень набухания и, следовательно, эффективный интервал фракционирования зависят от используемого растворителя и конформации фракционируемых веществ.

Биогель Р (Bio-Rad Laboratories, США). Сферические гранулы полиакриламида, получаемые сополимеризацией акриламида и N,N'-метиленабисакриламида. Размер пор регулируется содержанием используемого поперечно-сшивающего реагента. Устойчив в органических растворителях (но в большинстве из них не набухает и, таким образом, не может быть в них использован), солевых растворах, детергентах, 8 М мочеvine, 6 М гуанидин-HCl. Устойчив при pH 2 ÷ 10; амидные группы гидролизуются при более высоких и более низких pH. Окисляется под действием сильных окислителей. Может быть автоклавирован при 120°C и pH 5,5 ÷ 6,5.

Смола	Диаметр гранул ^а , мкм	Интервал фракционирования и предел эксклюзии (M) ^б		Емкость по поглощению воды, г H_2O г сухого геля	Удельный объем, мл г сухого геля	Рекомендуемое рабочее давление (максимальное), см H_2O	Макс. скорость про-теkania ^в , см h
		Пептиды, белки	Декстраны				
Сефадекс G	(диаметр гранул сухой смолы)						
G-10	40-120	до 700	до 700	$1,0 \pm 0,1$	2-3	Не ограничено	—
G-15	40-120	до 1500	до 1500	$1,5 \pm 0,2$	2,5-3,5	То же	—
G-25 Coarse	100-300	1000-5000	100-5000	$2,5 \pm 0,2$	4-6	»	—
Medium	50-150						
Fine	20-80						
Superfine	10-40						
G-50 Coarse	100-300	1500-30000	50-10000	$5,0 \pm 0,3$	9-11	»	—
Medium	50-150						
Fine	20-80						
Superfine	10-40						
G-75	40-120	3000-80000	1000-50000	$7,5 \pm 0,5$	12-15	160	77
Superfine	10-40	3000-70000				160	18
G-100	40-120	4000-150000	1000-100000	$10,0 \pm 1,0$	15-20	96	50
Superfine	10-40	4000-100000				96	12
G-150	40-120	5000-300000	1000-150000	$15,0 \pm 1,5$	20-30	36	23
Superfine	10-40	5000-150000			18-22	36	6
G-200	40-120	5000-600000	1000-200000	$20,0 \pm 2,0$	30-40	16	12
Superfine	10-40	5000-250000			20-25	16	3
Сефадекс LH							
LH-20	40-120	100-4000 (EtOH) ^г 100-2000 ($CHCl_3$) ^г			4 (H_2O , EtOH, $CHCl_3$) ^а		
LH-60	40-120	400-10000 (H_2O , MeOH) ^г 400-20000 ($CHCl_3$) ^г			12-13 (H_2O , EtOH, $CHCl_3$) ^а		
Биогель Р	(диаметр гранул набухшей смолы)						
P-2 Coarse	150-300	100-1800		$1,5 \pm 0,2$	3,5	> 100	
Medium	80-150						
Fine	40-80						
Extra fine	< 40						
P-4 Coarse	150-300	800-4000		$2,4 \pm 0,2$	5	> 100	
Medium	80-150						
Fine	40-80						
Extra fine	< 40						
P-6 Coarse	150-300	1000-6000		$3,7 \pm 0,4$	7	> 100	
Medium	80-150						
Fine	40-80						
Extra fine	< 40						

P-10 Coarse	150 -300	1500 -20000	4,5 ± 0,5	9	> 100
Medium	80 -150				
Fine	40 -80				
Extra fine	< 40				
P-30 Coarse	150 -300	2500 -40 000	5,7 ± 0,6	11	> 100
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				
P-60 Coarse	150 -300	3000 -60 000	7,2 ± 0,7	14	100
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				
P-100 Coarse	150 -300	5000 -100 000	7,5 ± 0,7	15	100
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				
P-150 Coarse	150 -300	15 000 -150 000	9,2 ± 1,0	18	100
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				
P-200 Coarse	150 -300	30 000 -200 000	14,7 ± 1,5	25	75
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				
P-300 Coarse	150 -300	60 000 -400 000	18,0 ± 2,0	30	60
Fine	80 -150				
Extra fine	< 80				

^a Приведен диаметр гранул сухого сефадекса; диаметр набухших гранул биогеля Р.

^b Большее по значению число в каждой паре — это предел эксклюзии. Интервалы фракционирования определены по (а) пептидам или глобулярным белкам и (б) декстранам, представляющим собой макромолекулы более вытянутой конфигурации.

^c Скорость протекания (значения приблизительные) измерена на колонках диаметром 2,5 см и высотой 30 см.

^d В случае сефадексов LH-20 и LH-60 интервал фракционирования, количество связанного растворителя и удельный объем набухшей смолы зависят от используемого растворителя. Интервал фракционирования определен по полиэтиленгликолю и полистиролу.

^e Удельный объем набухшей смолы зависит от используемого растворителя. Информацию по другим растворителям см. в литературе, выпускаемой фирмой-изготовителем.

Времена набухания или гидратации

Температура, °C	Время для сефадексов				Время для биогелей Р		
	G-10 - G-50	G-75	G-100 - G-200	P-2 - P-10	P-30 - P-60	P-100 - P-150	P-200 - P-300
20	3	24	72	4	12	24	48
90-100	1	3	5	2	3	5	5

6) НОСИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ГЕЛЕЙ АГАРОЗЫ

Биогель А (фирма Bio-Rad). Носители сферической формы на основе гелей агарозы, содержащие очень мало заряженных групп. Интервал фракционирования определяется концентрацией агарозы в гранулах. Совместим со всеми обычными буферными растворами. Гели, содержащие $> 2\%$ агарозы, устойчивы к 6 М гуанидингидрохлориду и 7 М мочеvine, хотя и может произойти небольшая усадка; гели с содержанием агарозы $< 2\%$ под действием указанных агентов претерпевают структурную деградацию. Гель устойчив при $\text{pH } 4 \div 10$; устойчив к действию 0,1 М NaOH или 1 М HCl в течение 2–3 ч; может разрушаться под действием окислителей. Интервал рабочих температур 2–30°C; размягчается при температуре $> 40^\circ\text{C}$. Замораживание вызывает разрушение гелевой структуры. Поставляют в набухшем состоянии.

Сефароза (фирма Pharmacia). Носители на основе гелей агарозы, содержащие очень мало заряженных групп. Интервал фракционирования определяется концентрацией агарозы в гранулах. Устойчив в водных растворах при $\text{pH } 4 \div 9$. Может быть использован в растворах, содержащих высокие концентрации солей, мочевины, гуанидингидрохлорида, хотя в условиях, способствующих сильной диссоциации, предпочтительнее использовать сефарозу CL. Разрушается под действием окислителей. Плавится при нагревании; не следует использовать при температуре $> 40^\circ\text{C}$. Можно стерилизовать химическим способом, например путем обработки диэтилпиروкарбонатом, но не путем автоклавирования. Не замораживать; замораживание разрушает структуру зерен.

Сефароза CL—это носитель на основе поперечно-сшитого агарозного геля, получаемый в результате обработки соответствующего типа сефарозы 2,3-дибромпропаном. Поперечное сшивание повышает химическую, термическую и механическую стабильность. Устойчив при $\text{pH } 3 \div 14$, в 8 М мочеvine, 6 М гуанидингидрохлориде, 3 М KSCN. Можно использовать во многих органических растворителях и при температурах $< 70^\circ\text{C}$; устойчив к автоклавированию при 120°C и $\text{pH } 7$. Разрушается в присутствии окислителей.

Сефароза и сефароза CL поставляются в набухшем состоянии.

Смола	Содержание агарозы в геле, % ^a	Диаметр гранул набухшей смолы, мкм	Интервал фракционирования и предел эксклюзии (M) ^a		Рекомендуе- мое рабочее давление (максималь- ное). см H ₂ O	Скорость про- текания ^b , см/ч
			Белки	Полисахариды		
Биогель А						
A-0,5 m Coarse	10	150 ÷ 300	< 10 000 ÷ 500 000		> 100	
Medium		80 ÷ 150				
Fine		40 ÷ 80				
A-1,5 m Coarse	8	150 ÷ 300	< 10 000 ÷ 1,5 · 10 ⁶		> 100	
Medium		80 ÷ 150				
Fine		40 ÷ 80				
A-5 m Coarse	6	150 ÷ 300	10 000 ÷ 5 · 10 ⁶		> 100	
Medium		80 ÷ 150				
Fine		40 ÷ 80				
A-15 Coarse	4	150 ÷ 300	40 000 ÷ 15 · 10 ⁶		90	
Medium		80 ÷ 150				
Fine		40 ÷ 80				
A-50 m Coarse	2	150 ÷ 300	100 000 ÷ 50 · 10 ⁶		50	
Fine		80 ÷ 150				
A-150 m Coarse	1	150 ÷ 300	1 · 10 ⁶ ÷ > 150 · 10 ⁶		30	
Fine		80 ÷ 150				
Сефароза						
6B	6	45 ÷ 165	10 000 ÷ 4 · 10 ⁶	10 000 ÷ 1 · 10 ⁶	90	14
4B	4	60 ÷ 140	60 000 ÷ 20 · 10 ⁶	30 000 ÷ 5 · 10 ⁶	60	11,5
2B	2	60 ÷ 200	70 000 ÷ 40 · 10 ⁶	100 000 ÷ 20 · 10 ⁶	30	10
Сефароза CL						
CL-6B	6	45 ÷ 165	10 000 ÷ 4 · 10 ⁶	10 000 ÷ 1 · 10 ⁶	> 120	30
CL-4B	4	60 ÷ 140	60 000 ÷ 20 · 10 ⁶	30 000 ÷ 5 · 10 ⁶	120	26
CL-2B	2	60 ÷ 200	70 000 ÷ 40 · 10 ⁶	100 000 ÷ 20 · 10 ⁶	50	15

^a Наибольшее число в каждой паре — это предел эксклюзии.

^b Максимальная скорость протекания (приблизительно) измерена на колонках диаметром 2,5 см и высотой 30 см.

в) СЕФАКРИЛ

Сефакрил (фирма Pharmacia). Зернистый гель, получаемый ковалентным сшиванием аллил-декстрана N,N'-метиленабисакриламидом. Поперечное сшивание обеспечивает высокую химическую и термическую устойчивость и механическую прочность. Гель может быть использован в водных буферных системах при pH 2 ÷ 11, в ДСН, 8 М мочеvine и 6 М гуанидингидрохлориде и ряде органических растворителей, хотя последние могут вызывать небольшое уменьшение объема геля по сравнению с объемом в воде. Структура геля не меняется при нагревании, гель можно неоднократно автоклавировать при 120°C и pH 7. Поставляется в набухшем состоянии. Благодаря жесткой структуре гель может выдерживать высокое рабочее давление (до 150–300 см H₂O), что позволяет использовать высокие скорости фильтрации (до 25–40 см/ч), которые и рекомендуются при колоночной хроматографии. Для фракционирования со средним уровнем разрешения рекомендуется скорость фильтрации 10 см/ч; для высокого разрешения следует использовать более низкие скорости фильтрации.

Смола	Диаметр гранул набухшей смолы, мкм	Интервал фракционирования и предел эксклюзии (M) ^a	
		белок	полисахариды
Сефакрил			
S-200 Superfine	40 105	5000–250000	1000 80000
S-300 Superfine	40–105	10000 1,5 · 10 ⁶	1000–400000
S-400 Superfine	40–105	20000 8 · 10 ⁶	10000–2 · 10 ⁶
S-500 Superfine	40–105		40000–20 · 10 ⁶
S-1000 Superfine	40 105		500000 – > 10 ⁸ (предел эксклюзии для частиц – диам. 300 400 нм)

^a Наибольшее число в каждом интервале – предел эксклюзии.

5. Аффинная хроматография

В основе аффинной хроматографии лежит специфическое взаимодействие белков (или других биологических молекул) с лигандами, иммобилизованными с помощью ковалентных связей на нерастворимом носителе. Например, фермент может взаимодействовать с иммобилизованным субстратом или аналогом субстрата, иммобилизованный лектин взаимодействовать с углеводным остатком гликопротеина или рецепторный белок со своим специфическим лигандом. Для элюирования абсорбированного белка можно использовать специфические элюенты, например лиганд или его аналог, или неспецифические факторы, такие, как концентрация соли или pH.

Адсорбенты для аффинной хроматографии обычно состоят из трех ковалентно-связанных компонентов, нерастворимого носителя, «ножки» (спейсера) и специфического лиганда.

Нерастворимый носитель. Наиболее часто используемый носитель – это зернистая 4%- или 6%-ная агароза, которая может быть стабилизирована поперечным сшиванием эпихлорогидрином, дивинилсульфоном или бисэпоксидом (бисоксираном). Носитель на основе целлюлозы обычно используется для олигонуклеотидных лигандов, например олиго-dT-целлюлоза. В числе других используемых носителей – поперечно-сшитый декстран, полиакриламид, гидроксиполметакрилатные полимеры, модифицированные стекла и силикагели.

Ножка (спейсер). Если низкомолекулярный лиганд просоединять непосредственно к носителю, возникающие стерические эффекты могут препятствовать взаимодействию лиганда со специфическим белком. Чтобы предотвратить это, между носителем и лигандом вводится спейсер. Для этой цели обычно используют углеводородные цепи, содержащие 6 или 8 атомов углерода, при этом лиганд удаляется от матрицы на расстояние 5 ÷ 10 Å, но иногда используются и более длинные углеводородные цепи длиной до 17 атомов углерода. Углеводородные спейсеры могут влиять на

адсорбцию некоторых макромолекул, вступая в гидрофобные взаимодействия с ними; в связи с этим в некоторых случаях предпочтительнее использовать спейсеры, содержащие гидрофильные группы. Если лиганд – макромолекула, например белок, то обычно нет необходимости в спейсере; макромолекулярный лиганд можно закрепить непосредственно на твердом носителе.

В разд. «Материалы для получения аффинных сорбентов» приведены структуры некоторых широко используемых спейсеров и показаны способы их закрепления на матрице; приведены также концевые реакционноспособные группы, с помощью которых ковалентно присоединяется лиганд.

Лиганд. Любая молекула, низкомолекулярная или высокомолекулярная, способная специфически взаимодействовать с белком, нуклеиновой кислотой или другой молекулой, которую нужно очистить, потенциально может быть пригодна в качестве лиганда для аффинной хроматографии. Многие лиганды, такие, как субстраты ферментов, лектины или антигены, взаимодействуют только с одним типом белка или по крайней мере с очень ограниченным кругом белков. Другие, такие, как коферменты (NAD, NADP), нуклеотиды (ATP, AMP, cAMP и т. д.) и иммобилизованные красители, специфически взаимодействуют с более широким, хотя и ограниченным кругом макромолекул и известны как группспецифические лиганды.

В настоящее время коммерчески доступен широкий набор иммобилизованных лигандов. В разд. «Лиганды, используемые в коммерчески доступных аффинных сорбентах» перечислены основные классы лигандов, а также приведены примеры лигандов, которые имеются у поставщиков. Для получения более подробных сведений относительно применения таких сорбентов целесообразнее пользоваться справочной литературой, выпускаемой изготовителями.

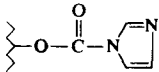
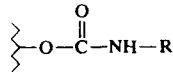
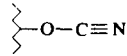
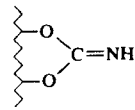
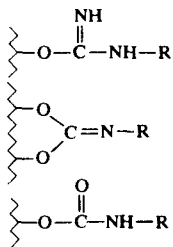
Получение аффинных сорбентов. В ряде случаев необходимо или удобно получать аффинные сорбенты для конкретной цели. Это можно сделать с помощью реакции между выбранным лигандом и либо активированным производным агарозы или другого твердого носителя, либо модифицированной агарозой, несущей спейсер, оканчивающийся реакционноспособной группой. В разд. «Материалы для получения аффинных сорбентов» перечислены коммерчески доступные активированные агарозы с присоединенными спейсерами. Используя их в качестве исходного материала, можно легко получить аффинный сорбент в мягких условиях прямыми методами.

Поставщики:

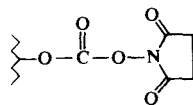
- I. Pharmacia P-L Biochemicals, Швеция и Великобритания
- II. Sigma Chemical Company, США и Великобритания
- III. Bio-Rad Laboratories, США и Великобритания
- IV. Pierce Chemical Company, США и Великобритания

Литература. Meth. Enzymol., vol. **34** (1974) и **104** (1984). Laboratory Techniques in Biochemistry and Molecular Biology, ed. T. S. Work, vol. 7, p. 267, Elsevier-North Holland (1979). Techniques in the Life Sciences, vol. BS 1/1, Techniques in Protein and Enzyme Biochemistry, Part 1 Supplement, section BS103, Elsevier (1984).

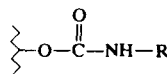
А. АКТИВИРОВАННЫЕ АГАРОЗЫ

Тип активации	Активная группа активированного геля	Активная группа лиганда	Способ присоединения лиганда к гелю	Поставщики	Примечания
С помощью карбонилдимидазола		$R-NH_2$		IV (Reacti-Gel (6X))	Альтернативный способ активации (помимо активации CNBr) для присоединения белков непосредственно к агарозе. Продукт присоединения более уст., чем в случае активации CNBr, что снижает потери лиганда, а карбаматная гр. не заряжена. Имидазолилкарбаматная гр. активированного геля очень медл. гидрол. в мягких щел. усл. (период полупревращения измеряется в ч). Выпускаются носители, у которых в качестве нерастворимой матрицы служат поперечносшитый гранулированный декстран, стеклянные шарики с контролируемым размером пор или фрактогель TSK HW-65F.
С помощью бромциана CNBr	  плюс минорные компоненты	$R-NH_2$		I, II	Наиболее широко использ. и лучше всего описанный метод присоединения белков и нуклеиновых кисл. непосредственно к агарозе. Получается по р-ции CNBr с агарозой. (<i>Осторожно!</i> Бромциан чрезвычайно токсичен и взрывоопасен). Механизм активации и присоединения сложный, изображены только главные активные гр. и продукты р-ции. В агарозе, активированной CNBr, циановые эфиры более активные гр., но неуст. в щел. усл. (уст. при pH < 4), в то время как циклические имидакарбонатные гр. уст. в щел., но менее активны. В продукте присоединения N-замещенные гр. изомочевины не вполне уст., что приводит к некоторой потере лиганда. Изомочевинная

С помощью N-гидроксиукцинимид



R-NH₂
(R-SH)

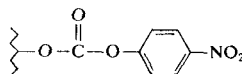


II

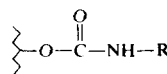
гр. несет также положительный заряд ($pK_a \sim 9,5$), что придает сорбенту ионообменные св-ва. Обсуждение этих проблем см. в [Biochem. Int. 4, 629 (1982); Meth. Enzymol. 34, 96 (1974); 104, 3 (1984)].

Получается по реакции N-гидроксиукцинимидхлороформата с агарозой. N-Гидроксиукцинимидэфирная связь в активированном геле быстро гидрол. при $pH > 8,5$. Продукт присоединения более уст. (меньшие потери лиганда), чем в случае CNBr-активации, и присоединившаяся гр. не заряжена.

С помощью п-нитрофенила



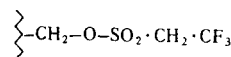
R-NH₂



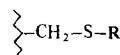
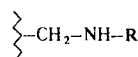
II

Получают по р-ции п-нитрофенилхлороформата с агарозой. Продукт присоединения более уст. (меньшие потери лиганда), чем в случае CNBr-активации, и присоединившаяся гр. не заряжена.

С помощью трезила



R-NH₂
R-SH



I

Получают по р-ции 2,2,2-трифторэтансульфонилхлорида (третилхлорида) с агарозой. Активированный гель уст. на хол. в течение ночи при $pH 7,5$, несколько нед. в 1 мМ HCl. Активированный гель реагирует с сульфгидрильными гр., а также с аминогр. с образованием уст. связей.

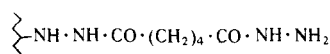
Б. АГАРОЗЫ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ СПЕЙСЕРАМИ

Тип	Структура	Активная группа лиганда	Способ присоединения лиганда к телу	Поставщики	Примечания
Спейсер, содержащий на конце аминогруппу		R-COOH	-NH-CO-R	I, II	Коммерчески доступны продукты с $n = 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10$ и 12. Спейсеры можно удлинить путем обработки янтарным ангидридом. Присоединение обычно осуществляют с по-

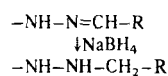
Тип	Структура	Активная группа лиганда	Способ присоединения лиганда к гелю	Поставщики	Примечания
	$\begin{array}{c} \text{---O---CH}_2\text{---CO---NH---(CH}_2\text{)}_2\text{---NH}_2 \\ \\ \text{---CH}_2\text{---NH---(CH}_2\text{)}_3\text{---NH---(CH}_2\text{)}_3\text{---NH}_2 \\ \\ \text{---O---CH}_2\text{---CHON---CH}_2\text{---O---(CH}_2\text{)}_4 \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N---(CH}_2\text{)}_n\text{---NH---CH}_2\text{---CHON---CH}_2 \end{array}$	R-COOH R-COOH R-COOH	---NH---CO---R ---NH---CO---R ---NH---CO---R	III (аффигель 102) IV II	мощью водорастворимого карбодиимида, такого, как 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодиймид (EDAC) Шестиатомный гидрофильный спейсер. Девятиатомный спейсер. Диаминоалкан присоединяется к эпоксиактивированной агарозе, образуя спейсер, содержащий 13 + n атомов. Коммерчески доступны продукты с n = 2, 3, 6 и 10.
Спейсер, содержащий на конце карбоксильную группу —COOH	$\begin{array}{c} \text{---O---CH}_2\text{---COOH} \\ \\ \text{---NH---(CH}_2\text{)}_5\text{---COOH} \end{array}$	R-NH ₂ R-NH ₂	$\begin{array}{c} \text{---O---CH}_2\text{---CO---NH---R} \\ \\ \text{---NH---(CH}_2\text{)}_5\text{---CO---NH---R} \end{array}$	III I (КГ-сефароза), II III (аффигель 202)	Присоединение обычно осуществляют с помощью водорастворимого карбодиимида, такого, как 1-этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодиймид (EDAC). Гидрофильный 10-атомный спейсер.
Спейсер, содержащий на конце эпоксигруппу (эпоксиактивированная агароза)	$\begin{array}{c} \text{---O---CH}_2\text{---CHON---CH}_2\text{---O---(CH}_2\text{)}_4 \\ \\ \text{CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---O} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \end{array}$	R-NH ₂ R-OH R-SH	$\begin{array}{c} \text{---CH---CH}_2 \rightarrow \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \quad \text{O} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{---CHON---CH}_2\text{---NH---R} \\ \text{---CHON---CH}_2\text{---O---R} \\ \text{---CHON---CH}_2\text{---S---R} \end{array}$	I, II	Получают по реакции агарозы с бис-эпоксидом (бисоксираном), 1,4-бис-(2,3-пропокси)бутаном (диглицидным эфиром бутандиола-1,4). Образует 12-атомный спейсер в результате присоединения лиганда. Для присоединения лиганда необходимы высокие pH, напр. 12 ÷ 13, в этих усл. спейсер не отщепляется от агарозы. Таким путем модифицированная агароза взаимодействует с аминокислотами.

гидроксильными и сульфгидрильными гр., образуя уст. вторичные амины, эфирные и сульфгидрильные связи. Обеспечивает возможность присоединения гидроксилсодержащих лигандов, напр. углеводов.

Спейсер, содержащий на конце гидразидную группу —NHNH₂



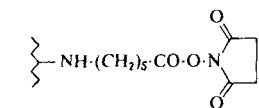
R-CHO



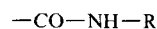
I, II

Пригодна для взаимодействия с альдегидными гр., образующимися, например, в результате периодатного окисл. углеводов и нуклеотидов.

Спейсер, содержащий на конце N-гидроксисукцинимидэфирную группу (N-гидроксисукцинимидактивированная агароза)

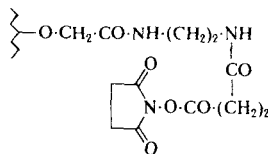


R-NH₂

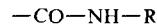


I (активированная КГ-сефароза), II

Образует шестиатомный гидрофобный спейсер. Эфир гидроксисукцинимиды быстро гидр. при pH > 8,5.

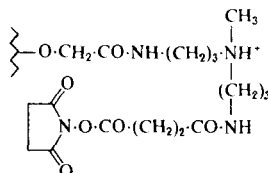


R-NH₂

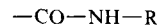


III (аффигель 10)

Гидрофильный незаряженный 10-атомный спейсер.



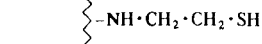
R-NH₂



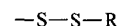
III (аффигель 15)

Гидрофильный катионный 15-атомный спейсер.

Спейсер, содержащий на конце тиольную группу —SH

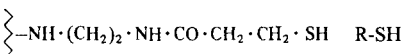


R-SH

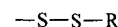


I, II

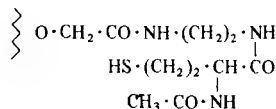
Обратимое присоединение лиганда дисульфидной связью.



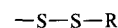
R-SH



I (агтиол)



R-SH



III (аффигель 401), IV

Получают путем присоединения N-ацетилгомоцистеина к спейсеру.

Тип	Структура	Активная группа лиганда	Способ присоединения лиганда к гелю	Поставщики	Примечания
Спейсер, содержащий на конце группы, реагирующие с тиольными группами	$\begin{array}{c} \text{---O-CH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{-S-S-} \text{---} \text{C}_5\text{H}_4\text{N} \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-NH-CO} \\ \text{---NH-CH(CH}_2\text{)}_2\text{-CO-NH-CH} \\ \text{COOH} \end{array}$	R-SH	—S—S—R	I (тиопропилсефароза), II	Обратимо взаимодействует с тиольными соединениями, включая белки, содержащие тиольные гр., путем дисульфидного обмена.
Многоярядные спейсеры: поли-L-лизин	$\begin{array}{c} \text{---NH-Lys} \\ \\ \text{(Lys)}_n\text{-NH}_2 \\ \\ \text{---NH-Lys} \end{array}$	R-COOH	—NH—CO—R	II, IV	Поли-L-лизин присоединяется по многим местам агарозы через ε-аминогруппы. Многоцентровое присоединение уменьшает потери лиганда.
Полиакрильгидридагагароза	$\begin{array}{c} \text{---NH-NH-CO-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH} \\ \\ \text{CO} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{CH-(CH}_2\text{)}_2\text{-CO-NH-NH}_2 \\ \\ \text{CO} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{---NH-NH-CO-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH} \\ \\ \text{CO} \end{array}$				Многоцентровое присоединение снижает потери лиганда. Получение сорбента и присоединение лиганда см. в [Meth. Enzymol. 34 , 72 (1974); 104 , 14 (1984)].

ЛИГАНДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КОММЕРЧЕСКИ ДОСТУПНЫХ АФФИННЫХ СОРБЕНТАХ

Класс лиганда	Примеры	Примечания
Нуклеотиды	АТФ, АДФ, 5'-АМФ, 2'-АМФ, 3',5'-сАМФ, 2',5'-АДФ, 3',5'-АДФ, dАТФ, Аp ₅ А, аденозин, СТР, СДР, 5'-СМР, GTP, GDP, 5'-GMP, 7-метил-GTP, УТР, UDP, 5'-UMP, UDP-глюкуроновая кислота.	Наиболее распространенный способ присоединения через С ₆ -гидразидный спейсер, взаимодействующий с альдегидными гр., образующимися в результате периодатного окисления рибозного остатка в нуклеотидах. Имеются также сорбенты со спейсерами различной длины, к которым присоединены адениннуклеотиды через N-6 аминогр. или С-8. В некоторых сорбентах присоединение осуществляется к и-аминофенольному спейсеру через фосфатную гр. 2'5'-АДР и 3'5'-АДР-группспецифические лиганды соответственно для NADP- и CoA-зависимых ферментов.
Олигонуклеотиды и полинуклеотиды	Олиго-dТ, олиго-dА, олиго-dС, олиго-dГ, олиго-dI, ДНК (природная и денатурированная). Поли-гА, поли-гС, поли-гГ, поли-гI, поли-гU, поли-гI-поли-гС, ДНК (денатурированная).	Присоединяются через 5'-фосфатную гр. к целлюлозному носителю. Олигонуклеотиды длиной < 20 нуклеотидных остатков. Присоединяются к агарозному носителю.
Коферменты и витамины	NAD, NADP, FMN, CoA, HMG-CoA, биотин, дезтиобиотин, иминобиотин, др. аналоги биотина, метотрексат.	Имеются NAD и NADP с 6- или 8-аминными спейсерами, присоединенными через N-6 аминогр., С-8 или окисленный периодатом рибозный остаток аденина. CoA может связываться —SH или иметь свободную —SH. Биотин и его аналоги обычно присоединяют к спейсеру через карбоксильную гр. боковой цепи.
Аминокислоты, пептиды и амины	Все 20 L-аминокислот, найденных в белках, D-аргинин, D-фенилаланин, D-триптофан, L-тироксин, глутатион (восстановленный и окисленный), гексил-GSH, сульфобромофталенин-S-GSH, 5-гидрокситриптамин, гистамин, спермин, цистеамин, пенстатин.	Присоединяются непосредственно к CNBr-активированной агарозе через аминогр. Некоторые аминокислоты присоединяются к носителю через спейсер.
Белки, лектины	Многие лектины, включая: конканавалин А, лектин земляного ореха; лектинсвязывающий белок А (<i>Dolichos biflorus</i>), лектин <i>Helix pomatia</i> , лектин сои, лектин чечевицы, эритроцитагглютинирующий фитогемагглютинин (<i>Phaseolus vulgaris</i>), лектин гороха, лектин пшеницы.	Почти во всех случаях лектин непосредственно присоединяется к CNBr-активированной агарозе. Исполз. др. методов активации агарозы должно снизить потери лиганда.
Другие белки	Иммуноглобулины, белок А (<i>Staph. aureus</i>), авидин (мономер или тетрамер), ингибитор трипсина (бобы сои и римской фасоли), кальмодулин, парвальбумин, желатин, гемоглобин, овальбумин, α-лактальбумин, протамин, инсулин, многие ферменты.	Большинство белков может быть иммобилизовано в мягких условиях на CNBr-активированной агарозе или агарозе, активированной другим методом.

Класс лиганда	Примеры	Примечания
Углеводы	D-ксилоза, L-фруктоза, D-глюкоза, D-галактоза, D-манноза, D-глюкозамин, N-ацетил-D-глюкозамин, D-галактозамин, N-ацетил-D-галактозамин, D-лактоза, D-мелибиоза, D-мальтоза, гепарин.	Моно- и дисахара обычно присоединяют по гликозидной (или тиогликозидной) связи к <i>n</i>-аминофенольному спейсеру:
	$\text{агароза} - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} - \text{C}^1$	или гликозидаминой связью к спейсеру на основе аминоксесановой кислоты: агароза-NH(CH₂)₅CONH-C¹ в составе сахара. В обоих этих типах присоединения необходимо точно устанавливать конфигурацию сахара у C-1 (α или β). Другие способы иммобилизации включают присоединение через гидроксил при C-6 к эпоксиактивированной агарозе, присоединение через C-1 к дивинилсульфоновому спейсеру и присоединение аминокислот через аминогруппу к спейсеру на основе аминоксесановой кисл. Аффинные сорбенты с углеводными лигандами обычно получают путем присоединения спейсеров к сахару, а уже затем вводят полученные соединения в реакцию с активированной агарозой.
Красители	Цибафон голубой F3G-A, просион красный HE 3B, др. неспецифические красители	Эти красители оказались удобными группспецифическими лигандами для нуклеотидсвязывающих ферментов и ряда др. белков. Краситель просион красный HE 3B, например, проявляет большее сродство к NADP-ферментам, чем к NAD-ферментам. См. обзор "Dye Ligand Chromatography" (фирма Amicon Ltd.).
Гидрофобные лиганды	Агароза-NH(CH₂)_nCH₃ где <i>n</i> = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 $\text{агароза} - \text{NH}(\text{CH}_2)_4 - \text{C}_6\text{H}_5$ агароза-O-CH₂·CHOH·CH₂·O·R где R = (CH₂)₇·CH₃ или C_6H_5	Эффективны в разделении белков на основе гидрофобных взаимодействий. Агарозы с присоединенными диаминоалканами: агароза NH(CH₂)_nNH₂ также могут быть использованы как сорбенты для гидрофобной хроматографии.
Другие лиганды	Аминофенилборная кислота. <i>m</i>- и <i>n</i>-Аминобензамидин, хлорамфеникол, холестерилгемисукцинат, эстрадиолгемисукцинат, холесовая кислота, дезоксисовая кислота, холинфосфат, этаноламинфосфат.	Специфический сорбент для <i>цис</i>-диолов, таких, как сахара.

Класс лиганда	Примеры	Примечания
	<i>n</i> -Гидроксимеркуриобензоат.	Образует меркаптиды с тиольными соединениями, включая тиолсодержащие белки.
	Иминодиуксусная кислота, трискарбоксиметилэтилендиамин.	Обладают свойствами образовывать хелатные комплексы с металлами.
	Оксаминовая кислота.	
	Фентиазин.	Специфичен к кальмодулину.
	Винная кислота.	

22. Радиоактивные изотопы

Определения

1 кюри (Ки) радиоактивность (количество) радона, находящегося в радиоактивном равновесии с 1 г радия. Эквивалентно количеству радиоизотопа, в котором за 1 с распадается $3,7 \cdot 10^{10}$ ядер (за 1 мин распадается $2,22 \cdot 10^{12}$ ядер). Применяются также кратные единицы: 1 мКи (милликюри, 10^{-3} Ки) и 1 мкКи (микрокюри, 10^{-6} Ки). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

1 беккерель (Бк) единица радиоактивности в СИ. $1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$. Применяются также кратные единицы:

$$1 \text{ мкКи} = 37000 \text{ Бк} = 37 \text{ кБк}$$

$$1 \text{ мКи} = 37 \cdot 10^6 \text{ Бк} = 37 \text{ МБк}$$

$$1 \text{ Ки} = 37 \cdot 10^9 \text{ Бк} = 37 \text{ ГБк}$$

Относительный атомный избыток разность процентных концентраций изотопа в данном образце (элемента) и в естественной смеси изотопов природного элемента.

Удельная радиоактивность (активность) – радиоактивность единицы массы элемента (вещества).

Изотоп без носителя теоретически это чистый изотоп данного элемента, т.е. образец элемента, содержащий только один (данный) изотоп.

1 электронвольт (эВ; $1 \text{ МэВ} = 10^6 \text{ эВ}$) энергия, приобретаемая электроном при ускорении вдоль градиента потенциала в 1 В. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг}$.

Слой половинного ослабления толщина материала, уменьшающая поток радиации вдвое.

1 рентген (1 Р) количество (доза) рентгеновского или γ -излучения в воздухе, при котором сопряженная корпускулярная эмиссия в 0,001293 г сухого воздуха (1 мл при 0°C и 760 мм рт. ст.) приводит к появлению ионов, несущих 1 СГСЕ заряда каждого знака. 1 Р соответствует поглощению $5,24 \cdot 10^{13} \text{ эВ/г}$ воздуха (или 83,8 эрг/г). $3876 \text{ Р} = 1 \text{ Кл/кг}$ (в СИ).

Физический эквивалент рентгена – доза излучения, которая будучи поглощенной 1 г вещества приводит к такой же диссипации (рассеянию) энергии, как при поглощении 1 Р в 1 г сухого воздуха, т.е. 83,8 эрг/г вещества.

Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) дозы того или иного вида излучения (называемая также «коэффициентом качества») определяется как отношение степени повреждения тела, которую оно вызывает, к степени повреждения, вызываемой в воде той же дозой рентгеновского излучения со средней удельной ионизацией в 100 пар ионов/мкм.

Рад – единица поглощенной дозы. 1 рад равен поглощенной дозе в 100 эрг/г тела. В СИ единица поглощенной дозы 1 грей (Гр). $1 \text{ Гр} = \text{Дж/кг}$. $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$.

Биологический эквивалент рада (бэр) определяется как (доза в бэр) = (доза в рад) · (ОБЭ). В СИ $100 \text{ бэр} = 1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ сиверт (Св)}$.

$$\text{Заряд электрона } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Толщина слоя половинного ослабления β -излучения приближенно равна 1/7 максимального пробега β -частиц в этом веществе.

Формулы и соотношения

Поправка на мертвое время

$$N = \frac{N_0}{1 - (N_0/t)} \text{ или } N - N_0 = N_0 \left\{ N_0 t + (N_0 t)^2 + (N_0 t)^3 + \dots \right\}$$

где N – истинная скорость счета, N_0 – наблюдаемая скорость счета, t – мертвое время счетчика (время, в течение которого счетчик не может регистрировать приходящие сигналы).

Вводя эту поправку, можно получить результат с погрешностью $\sim \frac{1}{2} N_0 (N_0 t)^2$.

Формулы математической статистики

Стандартное отклонение (в процентах) для величины счета составляет $\pm (10^4/N_i)^{1/2}$, где N_i – общее число зарегистрированных импульсов. Например, если зарегистрировано 10^4 импульсов, вероятность ошибки менее чем $\pm 1\%$ равна 2 к 1, а ошибки менее $\pm 2\%$ – 19 к 1.

Стандартное отклонение (СО) для разности двух величин счета

$$\pm \left\{ (\text{CO}_1)^2 + (\text{CO}_2)^2 \right\}^{1/2}$$

Следовательно, точное определение фона играет роль только для образцов с относительно низкой радиоактивностью. Наилучшая точность при определении разности скоростей счета N_1 и N_2 двух образцов достигается, если для времен измерения радиоактивности (счета) t_1 и t_2 выполняется соотношение:

$$t_1/t_2 = (N_1/N_2)^{1/2}$$

Радиоавтография

Степень засвечивания эмульсии под действием рентгеновского или электронного облучения подчиняется уравнению $a = A (1 - e^{-\epsilon r})$, где a – число засвеченных (почерневших) зерен, A – общее число зерен на единицу поверхности, r – экспозиция (в рентгенах) или число электронов, ϵ – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа эмульсии.

Как правило, радиоавтограмму удовлетворительного качества можно получить для β -частиц при потоке $10^7/\text{см}^2$ или для α -частиц – при потоке $2 \cdot 10^6/\text{см}^2$.

Определение массы радионуклида по его радиоактивности $W = 3,19 \cdot 10^{10} N (T_{1/2}) M$ где W – масса (в микрограммах); N – радиоактивность радионуклида (в микроюри); $T_{1/2}$ – период полураспада (в часах), M – молекулярная масса радионуклида.

Поправка на распад радиоизотопа через время t

$$\lg \frac{N_0}{N_t} = 0,3010 (t/h)$$

$$\begin{aligned} &\text{Остаточная радиоактивность} \\ &\text{или количество радиоизотопа (в процентах)} = \frac{100}{\text{antilg } \{0,3010 (t/h)\}} \text{ или } 100 \cdot e^{-0,6931(t/h)} \end{aligned}$$

где t – время распада, h – период полураспада (время, за которое радиоактивность препарата снижается вдвое), N_0 – радиоактивность в нулевой момент времени, N_t – радиоактивность в момент времени t . Через x периодов полураспада останется $2^{-x} \cdot 100\%$ исходной радиоактивности. Таким образом, при $x = 1$ останется 50% радиоизотопа (радиоактивности), $x = 2$ 25%, $x = 3$ 12,5%, $x = 4$ 6,25%, $x = 5$ 3,13%, $x = 6$ 1,56%, $x = 7$ 0,78%, $x = 8$ 0,39%, $x = 9$ 0,2%, $x = 10$ 0,1%.

^{24}Na ($T_{1/2} = 14,8$ ч)		^{32}P ($T_{1/2} = 14,3$ сут)		^{35}S ($T_{1/2} = 87,1$ сут)		^{42}K ($T_{1/2} = 12,4$ ч)		^{131}I ($T_{1/2} = 8,1$ сут)		^{131}I ($T_{1/2} = 12,3$ года)		^{125}I ($T_{1/2} = 60$ сут)		^{125}I ($T_{1/2} = 165$ сут)		^{51}Cr ($T_{1/2} = 28$ сут)	
Время, ч	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, ч	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, годы	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %	Время, сут	Остаточ- ная радиоак- тивность, %
1	95,4	1	95,3	2	98,4	1	94,6	0,2	98,3	1	94,5	4	95,5	10	95,9	2	95,2
2	91,1	2	90,8	5	96,1	2	89,5	0,4	96,6	2	89,3	8	91,2	20	91,9	4	90,6
3	86,9	3	86,5	10	92,3	3	84,5	0,6	95,0	3	84,4	12	87,1	30	88,2	6	86,2
4	82,9	4	82,4	15	88,7	4	80,0	1,0	91,8	4	79,8	16	83,1	40	84,5	8	82,0
5	79,1	5	78,5	20	85,3	5	75,6	1,6	87,2	5	75,4	20	79,4	50	81,1	10	78,1
6	75,5	6	74,8	25	82,0	6	71,5	2,3	81,2	6	71,3	24	75,8	60	77,7	12	74,3
7	72,1	7	71,2	31	78,1	7	67,6	3,1	76,7	7	67,4	28	72,4	70	74,5	14	70,7
8	68,7	8	67,8	37	74,5	8	63,9	4,0	71,0	8	63,7	32	69,1	80	71,5	16	67,3
9	65,6	9	64,7	43	71,0	9	60,5	5,0	65,2	9	60,2	36	66,0	90	68,5	18	64,0
10	62,6	10	61,5	50	67,0	10	57,2	6,1	59,3	10	56,9	40	63,0	100	65,7	20	61,0
11	59,7	11	58,7	57	63,6	11	53,9	7,3	53,4	11	53,8	44	60,2	110	63,0	22	58,0
12	57,0	12	55,9	65	59,6	12	51,2	8,1	50,0	12	50,9	48	57,4	120	60,4	24	55,2
13	54,4	13	53,2	73	56,0	12,4	50,0			12,3	50,0	52	54,8	130	57,9	26	52,5
14	51,9	14	50,7	81	52,5							56	52,4	140	55,5	28	50,0
14,8	50,0	14,3	50,0	87,1	50,0							60	50,0	150	53,3		
														160	51,1		

Некоторые радиоактивные изотопы, используемые в биохимических исследованиях

Элемент (в верхнем индексе массовое число)	Тип распада	$T_{1/2}$	Энергия излучения МэВ		Метод регистрации ^a
			β	γ	
³ H	β^-	12,3 года	0,0185		ЖСС
¹¹ C	β^+	20,5 мин	0,95		ЖСС
¹⁴ C	β^-	5760 лет	0,156		ЖСС
²² Na	β^+, γ	2,6 года	0,58 (90%)	1,3	ЖСС или NaI (Тl)
²⁴ Na	β^-, γ	14,8 ч	1,39	1,38; 2,76	ЖСС или NaI (Тl)
²⁸ Mg	β^-	21,4 ч	0,459		ЖСС
³¹ Si	β^-	170 мин	1,8		По Черенкову
³² P	β^-	14,3 сут	1,71		ЖСС или по Черенкову
³⁵ S	β^-	87,1 сут	0,169		ЖСС
³⁶ Cl	$\beta^+, \text{К-захват}, \beta^-$	$3,1 \cdot 10^5$ лет	0,71		ЖСС
³⁸ Cl	β^-, γ	38,5 мин	1,19 (36%) 2,70 (11%) 5,20 (53%)	1,60 (43%) 2,12 (57%)	ЖСС, по Черенкову или NaI (Тl)
⁴² K	β^-, γ	12,4 ч	2,04 (25%) 3,58 (75%)	1,4; 2,1	ЖСС, по Черенкову или NaI (Тl)
⁴⁵ Ca	β^-	165 сут	0,260		ЖСС
⁵¹ Cr	К-захват, γ	28 сут		0,323; 0,237	ЖСС или NaI (Тl)
⁵² Mn	β^+ (35%) К-захват (65%)	5,8 сут	0,58	1,0; 0,73 0,94; 1,46	ЖСС
⁵⁴ Mn	К-захват, γ	310 сут		0,835	NaI (Тl)
⁵⁵ Fe	Только К-захват	2,94 года			ЖСС
⁵⁷ Co	γ	270 сут		0,136 (10%); 0,122 (88%)	NaI (Тl)
⁵⁸ Co	β^+ (14,5%)	72 сут	0,472	0,805	ЖСС или NaI (Тl)
⁵⁹ Fe	β^-, γ	46,3 сут	0,46 (50%); 0,26 (50%)	1,3 (50%); 1,1 (50%)	ЖСС
⁶⁰ Co	β^-, γ	5,3 года	0,31	1,16; 1,32	ЖСС или NaI (Тl)
⁶⁴ Cu	К-захват (54%), β^- (31%), β^+ (15%), γ + К-захват (1,5%)	12,8 ч	0,57 (β^-); 0,66 (β^+)	1,35 (2,5%)	ЖСС
⁶⁵ Zn	β^+ (1,3%), К-захват (98,7%)	250 сут	0,32	1,14 (46% квантов К-захвата)	ЖСС
⁷⁶ As	β^-, γ	26,8 ч	3,04 (60%); 2,49 (25%); 1,29 (15%)	1,705; 1,20; 0,55	ЖСС или NaI (Тl)
⁷⁵ Se	К-захват, γ	121 сут		0,076 $\div$ 0,405	NaI (Тl)
⁸² Br	β^-, γ	36 ч	0,465	0,547; 0,787; 1,35	ЖСС или NaI (Тl)
⁸⁶ Rb	β^-, γ	18,7 сут	1,822 (80%); 0,716 (20%)	1,081	ЖСС, по Черенкову или NaI (Тl)
⁸⁹ Sr	β^-	51 сут	1,46		ЖСС или по Черенкову
⁹⁰ Sr	β^-	28,5 года	0,61		ЖСС
⁹⁹ Mo	β^-, γ	68 ч	1,3	0,75; 0,24	ЖСС или по Черенкову
¹²⁵ Sb	β^-, γ	2,7 года	0,3 (65%) 0,7 (35%)	0,55	ЖСС
¹²⁵ I	$\gamma, \text{ЭЗ}$	60 сут		0,035	NaI (Тl), ЖСС
¹³¹ I	β^-, γ	8,1 сут	0,605 (86%); 0,25 (14%)	0,637; 0,363 0,282; 0,08	ЖСС или NaI (Тl)

^a ЖСС-жидкостной сцинтилляционный счет; NaI (Тl) – сцинтилляционный счетчик с детектором на основе кристалла иодида натрия, активированного таллием; «по Черенкову» – измерения на основе счета вспышек черенковского излучения.

Поглощение β -частиц и γ -лучей

β -Частицы

Степень поглощения потока β -частиц зависит от плотности защитного материала, но практически не зависит от его атомной массы.

Энергия β -частиц, МэВ	Удельная масса материала, ослаб- ляющая интенсив- ность излучения вдвое, мг/см ²	Толщина материала, необходимая для двукратного ослабления интенсивности излучения, мм			
		Вода	Стекло (d 2,5)	Свинец	Органическое стекло (перспекс)
0,1	1,3	0,013	0,005	0,0011	0,0125
1,0	48	0,48	0,192	0,042	0,38
2,0	130	1,3	0,52	0,115	1,1
5,0	400	4,0	1,6	0,35	4,2

γ -Лучи

Энергия γ -лучей, МэВ	Толщина материала, необходимая для ослабления широкого пучка γ -лучей в 10 раз, см			
	вода	алюминий	железо	свинец
0,5	54,6	20,3	6,1	1,8
1,0	70	25,4	8,2	3,8
2,0	76	32	11,0	5,9
3,0	89	37	12,0	6,4
4,0	97	40	12,7	6,3
5,0	107	44	13,0	6,1

Измерения методом сцинтилляций в жидкой фазе

Измерение радиоактивности по излучению Черенкова

Излучение Черенкова может быть использовано для регистрации радиоизотопов, испускающих жесткие β -лучи, например ^{32}P . При этом не требуется добавления сцинтиллятора и, следовательно, не происходит химического тушения. Для измерения просто готовят раствор образца, для чего можно использовать широкий набор смесей растворителей, включая органические растворители, хлорную кислоту, воду и т. д., а затем измеряют радиоактивность прямо в сцинтилляционном счетчике. Эффективность счета зависит от энергии β -частиц, так что на практике слабые β -излучатели не могут быть зарегистрированы. Эффективность регистрации радиоизотопов с различными энергиями β -частиц приблизительно характеризуется следующими величинами:

Энергия, МэВ	0,6	1,0	1,5	2	2,5
Эффективность, %	1 ÷ 2	12	19	32	44

Цветовое тушение может сильно исказить результаты счета. В связи с этим окрашенные соединения необходимо удалять или делать поправку на тушение. Для увеличения эффективности счета используются вещества, «сдвигающие» длину волны излучения, например 4-метилумбеллиферон (100 мг/л), но на их действие могут оказывать сильное влияние примеси (присутствующие в образце) и pH.

Измерение радиоактивности растворов образцов в органических растворителях

Радиоактивные образцы, растворимые в углеводородах, можно прямо вводить в сцинтилляционные смеси, такие, как 1) толуол или ксилол (марки «сцинтилляционный»), содержащий 5 г/л 2,5-дифенилоксазола (РРО) и 0,1 г/л 1,4-ди[2-(5-феноксазолил)]бензола (РОРОР), или 2) толуол или ксилол (марки «сцинтилляционный»), содержащий 10 г/л 2-фенил-5-(4-бифенилил)-1,3,4-оксадиазола (РВД) или 15 г/л 2-(4'-*трет*-бутилфенил)-5-(4''-бифенилил)-1,3,4-оксадиазола (ВuРВД).

Для современных сцинтилляционных счетчиков, где используются фотокатоды на двух щелочных металлах, больше подходит вторая смесь. При этом способе сцинтилляционного счета может происходить и химическое, и цветное тушение.

Измерение радиоактивности водных образцов

а) *Смешивающиеся с водой сцинтилляторы.* Водные образцы могут быть введены непосредственно в сцинтилляционные смеси на основе диоксана, способные поглощать до 30% воды по объему.

1) Сцинтиллятор Брея (1960): нафталин (60 г) + РРО (4 г) + РОРОР (0,2 г) + метанол (100 мл) + этиленгликоль (20 мл) + *n*-диоксан (до общего объема смеси 1 л).

2) нафталин (60 г) + ВuРВД или РВД (15 г) + *n*-диоксан (добавляют до общего объема смеси 1 л).

Вторая смесь более пригодна для использования в современных сцинтилляционных счетчиках с биметаллическими фотокатодами. Диоксан легко окисляется при хранении, при этом образуются пероксиды, вызывающие сильное тушение. Для удаления пероксидов диоксан пропускают через колонку с молекулярными ситами или кипятят с металлическим натрием. Образование пероксидов при хранении можно предотвратить добавлением антиоксиданта, например ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуола (БГТ). При работе с щелочными водными радиоактивными образцами наблюдается интенсивная хемилуминесценция, искажающая результаты определения радиоактивности.

б) *Эмульсии.* Для измерения радиоактивности водных образцов можно использовать также сцинтилляционные смеси на основе углеводородов с добавлением ПАВ (полиэтоксилатной природы) для получения эмульсий. Например: 600 мл толуола или ксилола (марки «сцинтилляционный») + 340 мл ПАВ (тритон X-100, тритон X-114, стерокс DJ, игепал СА 720, фисцинт) + 5 г РРО + 0,1 г РОРОР (последние два могут быть заменены на 15 г ВuРВД или 10 г РВД, если измерения проводятся на сцинтилляционных счетчиках с биметаллическими фотокатодами). Недостаток таких систем состоит в том, что в них может происходить расслаивание с образованием двух фаз, что приводит к резкому ухудшению эффективности счета [Anal. Biochem. 74, 25 (1976)]. Иногда выделение макрофаз не обнаруживается ни визуально, ни путем использования методики внешней стандартизации. По этой причине каждую сцинтилляционную смесь нужно проверять на стабильность скорости счета во времени при выбранной температуре счета, варьируя при этом долю эмульгированного водного образца.

Имеются данные, что модифицированная смесь тритосол [Anal. Biochem. 63, 555 (1975)] может удерживать до 23% H₂O без выделения макрофаз (без расслаивания), причем для этой смеси выполняется линейная корреляция эффективности счета, полученной экспериментально и вычисленной методом внешней стандартизации, для широкого диапазона добавок тушителей.

Состав смеси тритосол: этиленгликоль (35 мл) + этанол (140 мл) + тритон X-100 (X-114) (250 мл) + ксилол (575 мл) + РРО (3 г) + РОРОР (0,2 г).

Коммерчески доступны также многочисленные сцинтилляционные эмульгирующие смеси другого состава. Однако в каждом случае весьма желательно проверять их на постоянство скорости счета и эмульсионную стабильность в конкретных выбранных условиях, например при определенной доле вводимого водного образца и его pH, а также содержания в нем растворенных веществ.

Такие эмульгирующие сцинтилляционные смеси часто можно использовать непосредственно при измерении радиоактивности образцов на твердых подложках или в суспензиях. Так, с ТСХ-пластинок часто можно прямо соскрести носитель в местах локализации пятен радиоактивных соединений и измерять их радиоактивность в сцинтилляционных смесях с добавлением ПАВ и

небольших ($< 10\%$ об.) количеств воды. Для измерения радиоактивности пятен на бумажных хроматограммах их можно вырезать и после смачивания сцинтиллятором просто размещать на стенках внутри счетного флакона.

Мягкие ткани и многие другие радиоактивные биологические образцы можно перед измерением радиоактивности перевести в жидкое состояние обработкой четвертичными аммониевыми основаниями, такими, например, как гидроксиды гиамина или (*n*-диизобутилкрезолуксизтоксизтил)диметилбензиламмония. Однако при этом в присутствии тканевых белков часто может наблюдаться сильная фосфоресценция. На основе четвертичных аммониевых оснований созданы также различные коммерчески доступные солюбилизаторы, не обладающие этим недостатком. Солюбилизацию образцов необходимо проводить при энергичном встряхивании или ультразвуковой обработке; помогает подогрев до 50°C , но более высокие температуры вызывают дополнительное окрашивание, что в дальнейшем может приводить к усилению тушения.

23. Биохимические методы

1. Методики разделения белков

а) Использование сульфата аммония

Ниже указано количество твердого $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, который необходимо добавить, чтобы из раствора с известной первоначальной степенью насыщения получить раствор с желаемой конечной степенью насыщения. Все данные отнесены к насыщенному раствору при 0°C (706,8 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в 1 л H_2O , т.е. 3,90 моль/л). В [Meth. Enzymol. 1, 76 (1955)] приведены аналогичные данные, но отнесенные к насыщенному при 25°C раствору. Номограммы для нахождения количества $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, которое надо добавить, приведены в [BJ 54, 457 (1953) (для комнатной температуры, т.е. $\sim 22^\circ\text{C}$)] и [JBC 243, 2022 (1968) (для 0°C)]. Приводимые ниже данные отличаются от тех, которые вошли во 2-е издание этого справочника, с учетом того, что для получения насыщенного при 0°C раствора к 100 мл H_2O необходимо добавить 70,7 г твердого $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (а не 69,7 г).

Количество G_x (в г) твердого $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, которое необходимо добавить к 1 л раствора с первоначальной степенью насыщения S_1 , чтобы получить раствор с конечной степенью насыщения S_2 , определяется по формуле

$$G_x = \frac{G(S_2 - S_1)}{1 - \frac{\bar{v}G}{1000}S_2}$$

где G – масса $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (в г), содержащегося в 1 л насыщенного раствора, $\bar{v}$ – парциальный удельный объем $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в насыщенном растворе, а S_1 и S_2 – степени насыщения в долях, например $S_1 = 0,5$ и $S_2 = 0,7$, $\bar{v}$ и G приведены ниже. В формуле не учитывается изменение парциального удельного объема в зависимости от концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

При добавлении насыщенных растворов $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ изменения объемов в результате смешивания незначительны. Объем $V_{\text{нас}}$ (в мл) насыщенного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, который необходимо добавить, чтобы увеличить первоначальную степень насыщения S_1 раствора объемом 1 л до конечной степени насыщения S_2 , определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{нас}} = \frac{100(S_2 - S_1)}{1 - S_2}$$

где S_1 и S_2 – степени насыщения.

Формулы для вычисления необходимых количеств твердого $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или насыщенного раствора приведены в [JBC 208, 149 (1954); J. Gen. Physiol. 35, 423 (1952); The proteins, eds. Neurath and Bailey, 1st ed., vol. 1, part A, p. 55, Academic Press, 1953]. Концентрация $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ выражена в молях на литр [Manometric Techniques, eds. Umbreit et al., 4th ed., p. 158, Burgess (1964)].

Насыщенные растворы сульфата аммония при различных температурах

Концентрация $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в насыщенном растворе и другие данные	Температура, °C				
	0	10	20	25	30
Моляльная, моль/1000 г H_2O	5,35	5,53	5,73	5,82	5,91
Процентная, %	41,42	42,22	43,09	43,47	43,85
Массовая, г/1000 мл H_2O	706,8	730,5	755,8	766,8	777,5
Массовая, г/л раствора	514,7	525,1	536,1	541,2	545,9
Молярная, моль/л	3,90	3,97	4,06	4,10	4,13
Плотность, г/см ³	1,2428	1,2436	1,2447	1,2450	1,2449
Кажущийся удельный объем $\bar{v}$	0,5281	0,5357	0,5414	0,5435	0,5458

б) Приготовление алюмогеля C_γ

Willstätter, Kraut, Ber. **56**, 1117 (1923); см. также Meth. Enzymol. **1**, 97 (1955); **2**, 823 (1957); **6**, 169 (1963).

В 6,5 л воды растворяют 300 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, нагревают до 60°C и добавляют 420 мл 20%-ного (об./об.) NH_3 (77,5 г NH_3 , что соответствует небольшому избытку, который необходим для поддержания слабощелочной реакции раствора при добавлении $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Готовят горячий раствор (температура $\geq 60^\circ\text{C}$) 500 г $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ в 1 л воды и при интенсивном перемешивании быстро добавляют его в приготовленный аммиачный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Перемешивание продолжают еще 15 мин, причем по-прежнему поддерживают температуру $\geq 60^\circ\text{C}$. Когда первоначально выпавший очень объемистый осадок начинает оседать в виде хлопьев, смесь разбавляют водой до 40 л. После полного оседания осадка супернатант удаляют путем декантации (или путем фильтрования с отсасыванием). Гель три раза промывают водой, а далее, начиная с четвертой порции, в воду для промывания добавляют 80 мл 20%-ного NH_3 , чтобы захваченный осадком $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ полностью перевести в гидроксид алюминия. Промывные воды с 12-й по 20-ю порции опалесцируют. В заключение проводят еще две промывки. Промывка геля занимает обычно два дня.

Гель не должен содержать сульфата; контроль осуществляют путем добавления к промывным водам $\text{HCl} + \text{BaCl}_2$. Обычно подготовленный таким образом гель оставляют на 3 мес; за это время происходит переход из C_α -формы в C_γ . Такой алюмогель готов к применению.

в) Приготовление гидроксипатита

Методики приготовления гидроксипатита (или гидроксилпатита) и свойства различных препаратов изучены Спенсером и др. [J. Chromatogr. **166**, 423, 435, 447 (1978)].

1) Методика Тизелмуса и др. [ABB **65**, 132 (1956)], модифицированная Левиным [Meth. Enzymol. **5**, 28 (1962)]. Крупномасштабная методика описана в [Biochem. Preps. **9**, 83 (1962)].

В стакан емкостью 5 л одновременно с одинаковой скоростью (12–15 мл/мин) при постоянном перемешивании вливают 2 л 0,5 М CaCl_2 и 2 л 0,5 М Na_2HPO_4 . Образовавшемуся осадку дают отстояться и супернатант отделяют путем фильтрования с отсасыванием на водоструйном насосе. К осадку добавляют 3 л воды, перемешивают, дают отстояться, жидкость отделяют тем же способом; такие операции промывки повторяют 4 раза. В заключение осадок суспендируют в 3 л дистиллированной воды и при встряхивании добавляют 100 мл свежеприготовленного 40%-ного (масс./об.) NaOH . Смесь нагревают до кипения в течение 45 мин и осторожно кипятят еще 1 ч при постоянном медленном перемешивании. Реакционную смесь оставляют на 5 мин, давая осесть осадку, который затем от очень мутного супернатанта отделяют фильтрованием с отсасыванием. Как и ранее, осадок промывают четыре раза 3 л воды, каждый раз давая осадку осесть в течение 5 мин. К осадку добавляют 4 л 0,01 М буферного раствора с pH 6,8 (фосфат натрия) и суспензию нагревают почти до кипения при постоянном перемешивании. Дают осадку осесть в течение 5 мин и затем супернатант отделяют путем фильтрования с отсасыванием. Эту процедуру повторяют дважды с 0,01 М и дважды с 0,001 М натрийфосфатным буфером (pH 6,8),

но каждый раз смесь кипятят в течение 15 мин. В конце концов готовят суспензию в 0,001 М буфере; она устойчива по крайней мере в течение года. Медленное перемешивание и осторожное кипячение необходимы для того, чтобы получить достаточно крупнозернистый продукт, что обеспечивает высокие скорости протекания колонок.

2) *Методика Спенсера* [J. Chromatogr. **166**, 435 (1978)]. С некоторыми изменениями эта методика может привести к получению препаратов, обладающих либо более высокой скоростью протекания, либо лучшей разрешающей способностью.

Для приготовления брушита к 2,4 л 0,5 М натрийфосфатного буфера (pH 6,7) добавляют 2,0 л 0,5 М CaCl_2 со скоростью 50 мл/мин. Для работы необходим сосуд емкостью 9 л, снабженный циркуляционным насосом, отрегулированным таким образом, чтобы скорость циркуляции составляла ~ 4 л/мин. Раствор CaCl_2 подается непосредственно на выход сопла циркуляционного насоса. (Перед использованием аппарат следует быстро промыть 0,1 М HCl , чтобы удалить кристаллики брушита, которые могут вызвать преждевременное выпадение осадка препарата. Этот фактор, а также скорость циркуляции смеси сильно влияют на размер кристалликов брушита и в конечном итоге такую его характеристику, как скорость протекания.) После введения всего объема раствора CaCl_2 образовавшимся кристаллам дают осесть (осадок занимает объем ~ 700 мл), а затем осадок промывают в 5 л дистиллированной H_2O для удаления растворимых солей.

Чтобы перевести брушит в гидроксипатит, суспензию после удаления супернатанта переносят в стакан емкостью 5 л с хорошо отполированными стенками. Быстро добавляют кипящую дистиллированную воду (2,5 л) при перемешивании смеси лопастной мешалкой (50×100 мм) со скоростью 200 об/мин. После добавления температура смеси должна быть $70 \div 75^\circ\text{C}$ и pH $5,0 \div 5,5$. Мешалку останавливают, дают осадку осесть и немедленно удаляют супернатант путем фильтрования с отсасыванием. Добавляют 5,0 мл 1 М HCl . Еще раз, как и ранее, добавляют 2,5 л кипящей воды, а затем с помощью трубки, достигающей дна стакана, добавляют ~ 72 мл 20%-ного NaOH . Все время контролируют pH, используя высокотемпературные электроды и, добавляя щелочь, добиваются установления pH $7,0 \pm 0,2$ через 0,5 мин, в течение которых может наблюдаться первоначальное понижение pH до $5,5 \div 6,0$. Типичный график добавления раствора NaOH : $0 \div 0,5$ мин 35 мл/мин; $0,5 \div 1,0$ мин 50 мл/мин; $1,0 \div 2,0$ мин 30 мл/мин. За это время температура смеси становится ниже на $\sim 6^\circ\text{C}$ первоначального значения $85\text{--}90^\circ\text{C}$. Подачу раствора NaOH прекращают, когда окончательно установится pH 7,2. После оседания осадка и удаления супернатанта осадок дважды промывают 2,5 л кипящей воды. После второго добавления воды стакан прикрывают сверху и без удаления супернатанта переносят в изолированное помещение, где он медленно охлаждается в течение ночи; первоначальная скорость охлаждения должна быть $\sim 0,3^\circ\text{C}/\text{мин}$. Объем осевшего осадка гидроксипатита ~ 750 мл.

2. Методы определения белка

Опубликованы обзоры по методикам определения концентрации белка [Thorne C. J. R., in: Techniques in Protein and Enzyme Biochemistry, Part 1, Section B104, Elsevier-North Holland (1978); Layne E., Meth. Enzymol. **3**, 447 (1957)].

а) Поглощение при 260 нм и 280 нм.

Методика Варбурга и Кристиана [BZ **310**, 384 (1941)].

Методика. В 1-см кювете измеряют поглощение A (экстинкцию, оптическую плотность) разбавленного соответствующим образом раствора белка при 260 и 280 нм.

Вычисление концентрации белка. 1) Вычисляют отношение A_{280}/A_{260} . С помощью таблицы (или с помощью графика, построенного по приведенным в таблице данным) находят множитель f , соответствующий данному отношению A_{280}/A_{260} .

$$\text{Концентрация белка (мг/мл)} = A_{280} \cdot f$$

2) Для вычисления концентрации белка можно также использовать формулу:

$$\text{Концентрация белка (мг/мл)} = 1,55A_{280} - 0,76A_{260}$$

Замечание. Приведенные в таблице значения, а также формулы для расчета были получены путем измерения поглощения кристаллической дрожжевой енлазы (при концентрации 1 мг/мл $A_{260} = 0,512$, $A_{280} = 0,894$) и очищенной дрожжевой нуклеиновой кислоты (при 1 мг/мл $A_{260} = 22,1$, $A_{280} = 10,8$). Методика дает хорошие результаты в случае смесей белков и нуклеиновых кислот, имеющих указанные величины поглощения.

Величины поглощения для многих белков были сведены в таблицы в книге [Handbook of biochemistry and molecular biology, ed. G. D. Fasman, vol. II, p. 383, 3rd ed., CRC Press (1976)], а также в работах [Anal. Biochem. **68**, 464 (1975); **80**, 193 (1977); **81**, 220 (1977); **82**, 83 (1977); **87**, 223 (1978); **90**, 309 (1978); Int. J. Pept. Protein Res. **13**, 479 (1979); Int. J. Biochem. **11**, 487 (1980); **13**, 621 (1981)]. Значения A_{280} для большинства белков при концентрации 1 мг/мл находятся в диапазоне 0,5 ÷ 2,0 (известно также довольно много белков, для которых A_{280} не попадает в указанный диапазон).

Множители f для вычисления концентрации белка

A_{280} A_{260}	Содержание нуклеиновой кислоты %, %	Множитель f	A_{280} A_{260}	Содержание нуклеиновой кислоты %, %	Множитель f
1,75	0	1,118	0,86	5,2	0,671
1,60	0,30	1,078	0,84	5,6	0,650
1,50	0,56	1,047	0,82	6,1	0,628
1,40	0,87	1,011	0,80	6,6	0,605
1,3	1,26	0,969	0,78	7,1	0,581
1,25	1,49	0,946	0,76	7,8	0,555
1,20	1,75	0,921	0,74	8,5	0,528
1,15	2,05	0,893	0,72	9,3	0,500
1,10	2,4	0,863	0,70	10,3	0,470
1,05	2,8	0,831	0,68	11,4	0,438
1,00	3,3	0,794	0,66	12,8	0,404
0,96	3,7	0,763	0,64	14,5	0,368
0,92	4,3	0,728	0,62	16,6	0,330
0,90	4,6	0,710	0,60	19,2	0,289
0,88	4,9	0,691			

^a Содержание нуклеиновой кислоты относительно общей концентрации белка (белок + нуклеиновая кислота).

б) Биуретовый метод

Методика Горналла, Бардавилла и Дэвида [JBC **177**, 751 (1949)].

Реагент. В 500 мл воды растворяют 1,5 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 6 г смешанного тартрата натрия-калия (соль Роше $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). При интенсивном перемешивании добавляют 300 мл 10%-ного (масс./об.) едкого натра (свободного от карбонатов). Для предотвращения образования осадка оксида меди (I) можно добавить также иодид калия (1 г). Объем смеси доводят водой до 1 л; смесь хранят в пластиковой бутылке.

Методика. Смешивают 4,0 мл биуретового реагента и 1,0 мл раствора белка (разбавленного в случае необходимости), содержащего 1 ÷ 10 мг белка; выдерживают смесь при комнатной температуре в течение 30 мин. Определяют поглощение при длине волны между 540 и 560 нм.

Концентрацию белка определяют с помощью градуировочного графика (обычно в виде линейной зависимости), построенного с использованием подходящего стандартного белка

(1 ÷ 10 мг). Для различных белков получены немного различающиеся значения поглощения (не более чем в 2 раза), однако ошибка определения при работе по этой методике меньше, чем по другим.

Мешающие соединения. Пептиды, трис, сахароза и желчные пигменты дают окраску в биуретовой реакции; соли аммония, трис, сахароза и глицерин оказывают влияние на окраску, даваемую белками. Липиды и детергенты могут вызывать помутнение.

в) Метод Лоури - Фолина

Методика Лоури, Розенброу, Фарра и Рандалла [JBC 193, 265 (1951); см. также Anal. Biochem. **100**, 201 (1979)].

Реагент. Раствор А. 2%-ный Na_2CO_3 в 0,1 М NaOH.

Раствор Б. 0,5%-ный $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в 1%-ном тартрате натрия (или калия) или тринатрийцитрате.

Раствор В. Смешивают 50 мл раствора А с 1 мл раствора Б. Ежедневно готовят заново.

Раствор Г. Коммерческий реагент Фолина - Чокальтеу (хранить в холодильнике), разбавленный водой до концентрации по кислоте 1 моль/л (обычно требуется ~ 2-кратное разбавление).

Методика. Используют образец, содержащий 25 ÷ 500 мкг белка в 1 мл. Добавляют 5,0 мл раствора В, хорошо перемешивают и выдерживают в течение 10 мин или более при комнатной температуре. Быстро при постоянном перемешивании добавляют 0,5 мл раствора Г. Выдерживают 30 мин, а затем определяют поглощение при 750 нм (в случае низких концентраций белка) или 500 нм (в случае высоких концентраций белка). Можно использовать долльные или кратные количества указанных реагентов.

Концентрацию белка определяют по градуировочному графику (обычно с небольшими отклонениями от линейной зависимости), построенному с помощью подходящего стандартного белка. Разные белки дают заметно различающиеся величины поглощения в методе Лоури - Фолина, отчасти это зависит от содержания тирозина и триптофана.

Мешающие соединения. Многие широко используемые биохимические реагенты мешают количественному определению белка, усиливая фон или нивелируя окраску с белком. К их числу относятся тирозин, триптофан и фенольные соединения, буферы (например, трис, хепес, глицин, гистидин, цитрат), сахара (например, сахароза, глюкоза, глицерин), вещества, применяемые для создания градиента (фиколл, метризамид, поливинилпирролидон), тиольные соединения, восстановители, ЭДТА, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, тритон X-100. Более подробно об этом можно узнать в работах [Anal. Biochem. **70**, 241 (1976); **100**, 201 (1979); Thorne C. J. R. in: Techniques in Protein and Enzyme Biochemistry, Part I, Section B 104, Elsevier - North Holland, 1978].

г) Метод связывания красителей

Методика Брэдфорда [Anal. Biochem. **72**, 248 1976; см. также Anal. Biochem. **86**, 142 (1978)].

Реагент. Кумасси бриллиантовый синий G-250 (100 мг) растворяют в 50 мл 95%-ного EtOH. Добавляют 100 мл 85%-ной (масс./об.) фосфорной кислоты. Разбавляют водой до 1 л.

Методика. Используют образец (разбавленный в случае необходимости), содержащий 10 ÷ 100 мкг белка в 0,1 мл. Добавляют 5,0 мл реагента-красителя и хорошо перемешивают. Не ранее, чем через 5 мин, и не позднее, чем через 1 ч, измеряют поглощение при 595 нм - относительно чистого реагента.

Для микроанализа используют образец, содержащий 1-10 мкг белка в 0,1 мл, добавляют 1,0 мл раствора красителя, смешивают и определяют поглощение при 595 нм, как описано выше.

Концентрацию белка находят по градуировочному графику (могут быть небольшие отклонения от линейности), построенному с помощью подходящего белка (см. ниже). Различные белки обладают различными способностями связывать красители; это может исказить результаты

анализа. В частности, бычий сывороточный альбумин характеризуется высоким значением A_{595} и поэтому не может быть использован в качестве общего стандартного белка в этой методике.

Мешающие соединения. Сильнощелочные буферы и детергенты, такие, как ДСН и тритон X-100, снижают интенсивность окраски.

3. Методы количественного определения нуклеиновых кислот

а) Определение РНК. Орциновый метод

Реагенты. Раствор А. 1%-ный орцин в воде. Такой раствор можно хранить несколько недель в холодильнике.

Раствор Б. Концентрированная соляная кислота.

Раствор В. 10%-ный раствор $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в воде. Для получения прозрачного раствора, возможно, понадобится добавить несколько капель HCl .

Методика. Непосредственно перед использованием смешивают 10 мл раствора А, 40 мл раствора Б и 1 мл раствора В. Добавляют 3,0 мл полученного раствора к 0,5 мл РНК-содержащего раствора и нагревают в кипящей водяной бане (для предотвращения упаривания пробирку закрывают стеклянным шариком) в течение 25 мин. Раствор охлаждают и определяют поглощение при 660 нм относительно чистого реагента.

Замечания. Рабочий диапазон этой методики 0 ÷ 200 мкг РНК. В качестве стандарта можно использовать любую чистую РНК. В твердом виде РНК всегда содержит неопределенное количество воды, и, как правило, необходимо определять концентрацию стандарта путем измерения его поглощения при 260 нм. Раствор, содержащий 1 мг РНК/мл, характеризуется $A_{260} = 24,0$.

б) Количественное определение ДНК. Дифениламиновый метод

Метод Бартонa [ВJ 62, 315 (1956); Meth. Enzymol. 12В, 163 (1968)].

Дифениламиновый реагент. 1,5%-ный (масс./об.) раствор дифениламина в перегнанной ледяной уксусной кислоте, на каждые 100 мл которого добавлено 1,5 мл конц. H_2SO_4 . На каждые 20 мл реагента добавляют 0,1 мл водного раствора ацетальдегида (16 мг/мл). (Чтобы реагент оставался бесцветным, очень важно использовать перегнанную ледяную уксусную кислоту.)

Методика. К образцу ДНК добавляют HClO_4 до конечной концентрации 0,5 моль/л. Добавляют два объема дифениламинового реагента к одному объему образца, содержащего 10 ÷ 100 мкг ДНК/мл 0,5 М раствора HClO_4 . Одновременно аналогичные процедуры проводят со стандартами ДНК и чистым реагентом. Инкубируют 16 ÷ 20 ч при 30°C и измеряют поглощение при 600 нм.

Замечания. В качестве стандарта может быть использована любая чистая ДНК. В твердом виде ДНК всегда содержит неопределенное количество воды, и необходимо определять концентрацию стандартной ДНК путем измерения ее поглощения при 260 нм. Раствор, содержащий 1 мг ДНК/мл, характеризуется $A_{260} = 20,0$.

Эта методика особенно полезна для количественного определения ДНК, экстрагированной из тканей разбавленной HClO_4 (0,25 ÷ 0,65 М). Трихлоруксусная кислота вплоть до концентрации 10% не влияет на результаты анализа. Многократный избыток РНК, по-видимому, не влияет на цветную реакцию.

4. Растворы для создания градиента плотности

а) Сахароза (М 342,30)

Концентрация раствора сахарозы			Плотность, г/мл		Показатель преломления n_D^a (20°C)	Вязкость $\times 10^2$, Пз	
%	г/л раствора (20°C)	моль/л	0°C	20°C		0°C	20°C
0	-	-	1,000	0,998	1,3330	1,78	1,00
1	10,02	0,029	1,004	1,002	1,3344	1,83	1,03
2	20,12	0,059	1,008	1,006	1,3359	1,88	1,06
4	40,55	0,119	1,016	1,014	1,3388	2,00	1,12
6	61,31	0,179	1,024	1,022	1,3418	2,13	1,18
8	82,40	0,241	1,033	1,030	1,3448	2,29	1,25
10	103,81	0,303	1,041	1,038	1,3478	2,46	1,34
12	125,6	0,367	1,050	1,046	1,3509	2,65	1,43
14	147,7	0,431	1,058	1,055	1,3541	2,88	1,53
16	170,2	0,497	1,067	1,063	1,3573	3,13	1,65
18	193,0	0,564	1,076	1,072	1,3605	3,43	1,79
20	216,2	0,632	1,085	1,081	1,3638	3,81	1,96
22	239,8	0,701	1,094	1,090	1,3672	4,21	2,14
24	263,8	0,771	1,104	1,099	1,3706	4,69	2,35
26	288,1	0,842	1,113	1,108	1,3740	5,26	2,59
28	312,9	0,914	1,123	1,118	1,3775	5,93	2,87
30	338,1	0,988	1,133	1,127	1,3811	6,74	3,21
32	363,7	1,063	1,143	1,137	1,3847	7,70	3,61
34	389,8	1,139	1,153	1,146	1,3883	8,90	4,08
36	416,2	1,216	1,163	1,156	1,3920	10,38	4,65
38	443,2	1,295	1,173	1,166	1,3958	12,25	5,35
40	470,6	1,375	1,184	1,176	1,3997	14,65	6,21
42	498,4	1,456	1,194	1,187	1,4036	17,8	7,28
44	526,8	1,539	1,205	1,197	1,4076	21,9	8,64
46	555,6	1,623	1,216	1,208	1,4117	27,4	10,37
48	584,9	1,709	1,227	1,219	1,4158	34,8	12,60
50	614,8	1,796	1,238	1,230	1,4200	45,1	15,54
52	645,1	1,885	1,249	1,241	1,4242	59,5	19,5
54	676,0	1,975	1,261	1,252	1,4285	80,5	24,9
56	707,4	2,067	1,272	1,263	1,4329	112	32,4
58	739,4	2,160	1,284	1,275	1,4373	160	43,1
60	771,9	2,255	1,296	1,286	1,4418	237	58,9
62	804,9	2,351	1,308	1,298	1,4464	367	83,0
64	838,6	2,450	1,320	1,310	1,4509	596	121
66	872,8	2,550	1,332	1,322	1,4555	1020	183

^a Показатель преломления для D-линии натрия, т. е. 589 нм.

Дополнительные сведения приведены в [Prog. Biophys. Chem. 9, 357 (1959); International Critical Tables, vol. 2, p. 343, 1927; Bates F. J. Polarimetry, Saccharimetry and the Sugars, Circular 440, National Bureau of Standards, Whashington, D. C., 1942].

Плотность раствора сахарозы при любой (0–30°C) температуре может быть вычислена с помощью уравнения Барбера [Natl. Cancer Inst. Monograph. 21, 219 (1966); в этой же работе приводятся также уравнения, позволяющие вычислять плотность при более высоких температурах и вязкость].

$$\rho_T = (B_1 + B_2 T + B_3 T^2) + (B_4 + B_5 T + B_6 T^2) Y + (B_7 + B_8 T + B_9 T^2) Y^2$$

где ρ_T — плотность раствора сахарозы; T — температура ($^{\circ}\text{C}$); Y — массовая доля сахарозы в растворе; $B_1 - B_9$ — константы, имеющие следующие значения:

$$\begin{aligned} B_1 &= 1,00037; \\ B_4 &= 0,389824; \\ B_7 &= 0,170976; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= 3,96805 \cdot 10^{-5}; \\ B_5 &= -1,05789 \cdot 10^{-3}; \\ B_8 &= 4,75301 \cdot 10^{-4}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_3 &= -5,85133 \cdot 10^{-6}; \\ B_6 &= 1,23928 \cdot 10^{-5}; \\ B_9 &= -8,92397 \cdot 10^{-6}. \end{aligned}$$

б) Хлорид цезия (M 168,37)

Концентрация раствора CsCl			Плотность, г/мл		Показатель преломления n_D (25 $^{\circ}\text{C}$)
%	г/л раствора (25 $^{\circ}\text{C}$)	моль/л	0 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	
0			1,000	0,997	1,3326
1	10,25	0,056	1,008	1,005	1,3333
2	20,25	0,119	1,016	1,013	1,3340
3	30,61	0,182		1,020	1,3348
4	41,14	0,244	1,032	1,028	1,3356
5	51,83	0,308		1,037	1,3364
6	62,68	0,373	1,049	1,045	1,3372
7	73,72	0,438		1,053	1,3380
8	84,92	0,504	1,066	1,062	1,3388
9	96,30	0,572		1,070	1,3397
10	107,88	0,641	1,084	1,079	1,3405
11	119,6	0,710		1,088	1,3414
12	131,6	0,782	1,102	1,097	1,3423
13	143,8	0,854		1,106	1,3431
14	156,1	0,927	1,121	1,115	1,3441
15	168,7	1,002		1,124	1,3450
16	181,4	1,077	1,140	1,134	1,3459
17	194,4	1,155		1,144	1,3469
18	207,6	1,233	1,160	1,154	1,3478
19	221,1	1,313		1,164	1,3488
20	234,8	1,395	1,181	1,174	1,3498
21	248,7	1,477		1,184	1,3508
22	262,9	1,561	1,203	1,195	1,3518
23	277,3	1,647		1,205	1,3529
24	291,9	1,734	1,225	1,216	1,3539
25	306,9	1,823		1,227	1,3550
26	322,1	1,913	1,247	1,239	1,3561
27	337,6	2,005		1,250	1,3572
28	353,3	2,098	1,271	1,262	1,3584
29	369,4	2,194		1,274	1,3595
30	385,7	2,291	1,296	1,286	1,3607
31	402,4	2,390		1,298	1,3619
32	419,5	2,492		1,311	1,3632
33	436,9	2,595		1,323	1,3644
34	454,2	2,698		1,336	1,3657
35	472,4	2,806	1,361	1,350	1,3670
36	490,7	2,914		1,363	1,3683
37	509,5	3,026		1,377	1,3696
38	528,6	3,140		1,391	1,3709
39	548,3	3,257		1,405	1,3722
40	567,8	3,372	1,432	1,420	1,3736

Концентрация раствора CsCl			Плотность, г/мл		Показатель преломления n_D (25 °C)
%	г/л раствора (25 °C)	моль/л	0 °C	25 °C	
41	588,4	3,495		1,434	1,3749
42	609,0	3,617		1,450	1,3763
43	630,0	3,742		1,465	1,3777
44	651,6	3,870		1,481	1,3792
45	673,6	4,001	1,511	1,497	1,3807
46	696,0	4,134		1,513	1,3822
47	718,6	4,268		1,530	1,3837
48	742,1	4,408		1,547	1,3853
49	766,4	4,552		1,565	1,3869
50	791,3	4,700	1,598	1,582	1,3886
51	816,5	4,849		1,601	1,3902
52	841,9	5,000		1,619	1,3920
53	868,1	5,156		1,638	1,3937
54	895,3	5,317		1,658	1,3955
55	922,8	5,481	1,695	1,678	1,3973
56	951,4	5,651		1,698	1,3992
57	980,4	5,823		1,719	1,4011
58	1009,8	5,998		1,740	1,4031
59	1040,2	6,178		1,762	1,4051
60	1070,8	6,360	1,804	1,785	1,4072
61	1102,9	6,550		1,808	1,4093
62	1135,8	6,746		1,831	1,4115
63	1167,3	6,945		1,855	1,4137
64	1203,2	7,146		1,880	1,4160
65	1238,4	7,355		1,905	1,4183

Дополнительные данные приведены в [International Critical Tables, vol. 3, p. 94 (1927); BBA 108, 18 (1965) (данные о вязкости); Biopolymers 9, 597 (1970)].

Концентрацию (30–60%) раствора CsCl, соответствующую плотности 1,29 ÷ 1,80 (при 25 °C), можно вычислить по формуле:

$$\% \text{ CsCl} = 137,48 - 138,11(1/\rho_{25})$$

где ρ_{25} – заданная плотность (25 °C).

Плотность ρ_{25} и показатель преломления для D-линии натрия n_D^{25} растворов CsCl связаны следующими формулами:

$$\begin{aligned} \rho_{25} &= 10,2402 n_D^{25} - 12,6483 && (\text{для } \rho_{25} < 1,37) \\ \rho_{25} &= 10,8601 n_D^{25} - 13,4974 && (\text{для } \rho_{25} = 1,25 \div 1,90) \\ \rho_{25} &= 1,1584 - 10,2219 n_D^{25} + 7,5806(n_D^{25})^2 && (\text{для } \rho_{25} = 1,00 \div 1,90) \end{aligned}$$

в) Другие соли

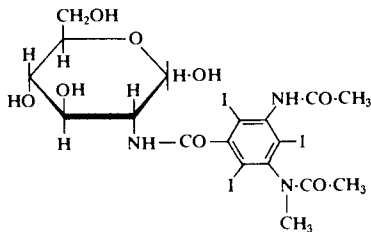
Формулы, устанавливающие связь между плотностью и показателем преломления или концентрацией различных солевых растворов, приведены в [Fortschr. Chem. Org. Naturst. 20, 372 (1962); Biopolymers 9, 597 (1970)]. Ниже приведены такие формулы для ряда солей, применяемых для создания градиентов плотности. Данные о плотности для этих и других солей приведены в [International Critical Tables, vol. 3, pp. 51–95 (1928)].

Соль	Формула для вычисления плотности (25°C) ^a	Диапазон применимости формулы (диапазон плотности)
Cs ₂ SO ₄	12,1200n _D ²⁵ - 15,1662	1,15 ÷ 1,40
	13,6986n _D ²⁵ - 17,3233	1,40 ÷ 1,70
	1,0047 + 0,28369m - 0,017428m ²	1,14 ÷ 1,80
	0,9945 + 11,1066(n _D ²⁵ - n ₀) - 26,4460(n _D ²⁵ - n ₀) ²	1,14 ÷ 1,80
CsBr	9,9667n _D ²⁵ - 12,2876	1,25 ÷ 1,35
CsI	2,7798 - 12,2102n _D ²⁵ + 8,1615(n _D ²⁵) ²	1,05 ÷ 1,50
	8,8757n _D ²⁵ - 10,8381	1,20 ÷ 1,55
NaCl	4,5245 - 13,5833n _D ²⁵ + 8,2067(n _D ²⁵) ²	1,05 ÷ 1,55
KBr	4,23061n _D ²⁵ - 4,64125	1,00 ÷ 1,19
KBr	6,4786n _D ²⁵ - 7,6431	1,10 ÷ 1,35
RbCl	21,7661 - 39,2834n _D ²⁵ + 17,7843(n _D ²⁵) ²	1,05 ÷ 1,35

^a n_D²⁵ - показатель преломления для D-линии натрия при 25°C; n₀ - показатель преломления воды при 25°C; m - моляльность (моль/1000 г раствора).

г) Вещества для создания градиентов в особых случаях

Метризамид (Nyegaard & Co., Норвегия) 2-(3-ацетиамидо-5-N-метилацетиамидо-2,4,6-трийодобензамидо)-2-дезоксид-Д-глюкоза: M 789. Неионное соединение. Бел. порошок. Раств-сть: х. р. H₂O, р. разб. водн. кисл., р. 75%-ный EtOH. Сильно поглощает в УФ-свете: λ_{max} 242 нм. Раств. неограниченно долго уст. в темноте при -20°C, уст. в темноте при комн. т. и pH 3 ÷ 8. Освещение и повышенные температуры (> 55°C) вызывают разложение с освобождением I₂.



Макс. плотность водного раств. ρ_{max} 1,46. Вязкость ниже, чем у раств. сахарозы той же плотности, но быстро возрастает при ρ > 1,30. См. обзор [FEBS Lett. **50**, 102 (1975)].

Концентрация, % (масс./об.)	10	20	30	40	50	60	70	80
ρ (20°C)	1,025	1,106	1,160	1,214	1,268	1,322	1,376	1,430

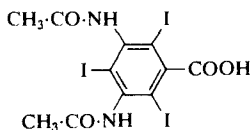
$$\text{При } 20^\circ\text{C} \quad \rho = 3,350 n_D^{20} - 3,462$$

$$\text{При } 5^\circ\text{C} \quad \rho = 3,453 n_D^{20} - 3,601$$

где ρ - плотность, а n_D²⁰ - показатель преломления для D-линии натрия (20°C).

Урограффин (Schering Chemicals, Берлин). Смешивают Na-соль диатриэовой (метриэовой) кислоты и 1-дезоксид-1-(метиламино)-Д-глюцитовую (метилглюкаминовую) соль этой же кислоты.

M свободной кислоты 614. Сильное поглощение в УФ-свете. Хранить в темноте, свет вызывает выделение I₂. Макс. плотность водн. раств. ρ_{max} 1,45. Низкая вязкость, значительно ниже, чем у растворов сахарозы той же плотности.



Фикола 400 (Pharmacia) высокоразветвленный сополимер сахарозы и эпихлорогидрина: M_{sp} 400 000. Отсутствуют группы, способные ионизоваться. Растворим в H₂O до концентрации 50%

(масс./об.). Уст. в щел. и нейтр. раств. Гидрол. при $\text{pH} < 3$, особ. при повышенных темп. Можно стерилизовать автоклавированием в нейтр. раств. при 110°C в течение 30 мин, разложения при этом не наблюдается. Способен разл. под действием сильных окисл. и восстановителей. Макс. плотность водн. раств. ρ_{max} 1,23. Осмотическое давление раств. фикола очень низкое по сравнению с осмотическим давлением раств. сахарозы той же плотности, но вязкость раств. фикола гораздо выше.

Концентрация, % (масс./об.)	10	20	30	40	50
ρ (20°C)	1,033	1,068	1,103	1,138	1,171
Вязкость $\eta_{\text{отн}}$ (20°C)	5	20	60	180	600

Таблицы плотности и вязкости растворов фикола при 4, 15 и 25°C приведены в [Anal. Biochem. 29, 230 (1969)].

Перколл (Pharmacia) – коллоидные частицы силикагеля, покрытые поливинилпирролидоном (ПВП). Содержание ПВП в покрытых частицах $\sim 12\%$; $1 \div 2\%$ свободного ПВП. Средний диаметр покрытых частиц $21 \div 22$ нм (при разбросе $15 \div 30$ нм). В отсутствие солей или сахарозы может быть стерилизован автоклавированием при 120°C в течение 20 мин без разложения. Макс. возможная плотность в градиентах ρ_{max} 1,30 г/мл. Низкое осмотическое давление. Низкая вязкость, на которую влияет ионная сила. При плотности 1,20 в 0,15 М NaCl вязкость ~ 10 сПз; в 0,25 М раств. сахарозы ~ 30 сПз. Поставляется в виде 23%-ного (масс./об.) коллоидного раств. с плотностью $1,130 \pm 0,005$. См. обзор [Anal. Biochem. 88, 271 (1978)].

5. Осадители белков

а) **Вольфрамовая кислота**
[JBC 38, 81 (1919); 182, 29 (1950)].

Раствор А. 10%-ный (масс./об.) раствор вольфрамата натрия ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в воде.

Раствор Б. 0,335 М H_2SO_4 .

Образец ткани гомогенизируют с водой до желаемого разбавления, затем добавляют раствор вольфрамата, после чего по каплям, тщательно перемешивая, добавляют равный объем серной кислоты. В другом варианте равные объемы растворов А и Б можно смешать перед добавлением к образцу. Смешанный реагент неустойчив; его не следует хранить более двух недель, при появлении осадка готовить заново. Фильтрат, получаемый в результате осаждения вольфрамовой кислотой, имеет $\text{pH} \sim 6,5$.

Приблизительные количества, необходимые для полного осаждения белка (из тканей крысы)

Ткань	Количество ткани	Количество H_2O для гомогенизации, мл	Раствор А	Раствор Б
Кровь	1 мл	7 мл	1 мл	1 мл
Плазма	1 мл	8 мл	0,5 мл	0,5 мл
Печень	1 г	7,5 мл	0,75 мл	0,75 мл
Мозг	1 г	3,4 мл	0,3 мл	0,3 мл
Мышца	1 г	2,8 мл	0,6 мл	0,6 мл
Селезенка	1 г	8,1 мл	0,45 мл	0,45 мл

б) **Сульфат цинка – щелочь**
[JBC 86, 655 (1930); 160, 69 (1945)].

Вместо ZnSO_4 можно использовать сульфат кадмия, однако никаких особых преимуществ как осадитель белка он не дает.

1) Раствор А. 10%-ный раствор $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Раствор Б. 0,5 М раствор NaOH.

При титровании по фенолфталейну на 10-мл раствора А, разбавленного 70 мл H_2O , должно

расходовать ~ 11 мл раствора Б (в течение достаточно долгого времени должна сохраняться розовая окраска).

1 мл крови разбавляют до 8 мл, добавляют 1 мл раствора А, перемешивают, добавляют 1 мл раствора Б, вновь перемешивают и фильтруют. В случае других тканей реагенты берут в тех же соотношениях, что и при использовании вольфрамовой кислоты.

2) Раствор А. $12,5 \text{ г ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 125 \text{ мл } 0,125 \text{ М H}_2\text{SO}_4$. Общий объем раствора доводят до 1 л водой.

Раствор Б. $0,75 \text{ М NaOH}$.

При титровании по фенолфталеину на 50 мл раствора А расходуетс $\bar{я}$ $6,7 \div 6,8$ мл раствора Б (в течение достаточно долгого времени должна сохраняться розовая окраска).

К 1 мл крови добавляют 8 мл раствора А и перемешивают. Добавляют 1 мл раствора Б, перемешивают и фильтруют. В случае других тканей работают по этой же методике.

3) Раствор А. 5%-ный раствор $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Раствор Б. $0,15 \text{ М Ba(OH)}_2$.

При титровании по фенолфталеину на 10 мл раствора А, разбавленного 100 мл H_2O , расходуетс $\bar{я}$ 10 мл раствора Б (в течение достаточно долгого времени должна сохраняться розовая окраска).

1 мл крови разбавляют 5 мл H_2O . Добавляют 2 мл раствора А, перемешивают и добавляют 2 мл раствора Б; раствор перемешивают и фильтруют. В случае других тканей работают по этой же методике.

в) Трихлороуксусная кислота

При исследовании крови смешивают 1 мл образца с 9 мл 10%-ной (масс./об.) трихлороуксусной кислоты; раствор центрифугируют или фильтруют. В случае тканевых экстрактов, инкубационных смесей ферментов и других объектов обычно достаточно создания в конечном растворе концентрации трихлороуксусной кислоты $3 \div 5\%$ (масс./об.) для обеспечения полного осаждения белков. Небелковый азот остается в супернатанте. После удаления осадка белка трихлороуксусную кислоту в значительной мере можно удалить из супернатанта путем многократной экстракции диэтиловым эфиром, насыщенным водой.

г) Хлорная кислота

В случае тканевых экстрактов, инкубационных смесей ферментов и других объектов добавляют такое количество хлорной кислоты, чтобы ее конечная концентрация составляла $3 \div 5\%$ ($0,3 \div 0,5$ моль/л). После центрифугирования избыток хлорной кислоты можно осадить в виде калиевой соли, нейтрализуя супернатант раствором KOH , K_2CO_3 или K_3PO_4 при охлаждении до 0°C (осадок KClO_4 удаляют путем центрифугирования). Не следует допускать нагревания реакционной смеси во время центрифугирования, так как растворимость KClO_4 гораздо выше при комнатной температуре, чем при 0°C .

д) Этанол

Добавляют такое количество этанола, чтобы конечная концентрация составила $75 \div 80\%$ (об./об.); смесь нагревают (лучше до кипения в течение 1–2 мин), охлаждают, центрифугируют и декантируют супернатант. Для удаления этанола и липидного материала добавляют 3 объема CHCl_3 ; смесь тщательно перемешивают и центрифугируют. Этанол переходит в слой (нижний) CHCl_3 .

24. Определения, формулы и понятия

1. Концентрация и плотность концентрированных кислот и аммиака (приблизительные значения)

Вещество	М	Концентрация, %	Молярная концентрация, моль/л	Количество, необходимое для пригото- вления 1 л 1 М раствора, мл	Плотность
Уксусная кислота	60,05	99,6	17,4	57,5	1,05
Аммиак	17,03	25	13,3	75,1	0,91
		35	18,1	55,2	0,88
Муравьиная кислота	46,03	90	23,6	42,4	1,205
		98	25,9	38,5	1,22
Соляная кислота	36,46	36	11,6	85,9	1,18
Азотная кислота	63,01	70	15,7	63,7	1,42
Хлорная кислота	100,46	60	9,2	108,8	1,54
		72	12,2	82,1	1,70
Фосфорная кислота	98,00	85	14,7	67,8	1,70
Серная кислота	98,07	98	18,3	54,5	1,835

2. Давление - температура (для автоклавов)

1 фунт/дюйм² = 6895 Па; 1 атм. = 101325 Па; 1 мм рт. ст. = 133,3 Па

Давление		Температура	
фунт/дюйм ²	кПа	В шкале Цельсия, °C	В шкале Фаренгейта, F
0	0	100,0	212,0
1	6,89	101,9	215,4
2	13,79	103,6	218,5
3	20,68	105,3	221,5
4	27,58	106,9	224,4
5	34,47	108,4	227,1
6	41,37	109,8	229,6
7	48,26	111,3	232,3
8	55,16	112,6	234,7
9	62,05	113,9	237,0
10	68,95	115,2	239,4
11	75,84	116,4	241,5
12	82,74	117,6	243,7
13	89,63	118,8	245,8
14	96,53	119,9	247,8
15	103,42	121,0	249,8
16	110,32	122,0	251,6
17	117,21	123,0	253,4
18	124,11	124,1	255,4
19	131,00	125,0	257,0
20	137,90	126,0	258,8
25	172,37	130,4	266,7
30	206,84	134,5	274,1

Давление		Температура	
фунт/дюйм ²	кПа	В шкале Цельсия, °C	В шкале Фаренгейта, °F
35	241,32	138,1	280,6
40	275,79	141,5	286,7
45	310,26	144,6	292,3
50	344,74	147,6	297,7
60	413,69	153,0	307,4
70	482,63	157,8	316,0
80	551,58	162,1	323,8
90	620,53	166,2	331,2
100	689,48	169,9	337,8

3. Центрифужное поле (g)

Центрифужное поле (g) можно вычислить по формулам:

$$g = 1118 \cdot 10^{-8} \cdot R \cdot N^2$$

где R (см) – радиус от центра ротора до точки, в которой необходимо вычислить центрифужное поле, N (об/мин) – скорость вращения ротора;

$$g = 284 \cdot 10^{-7} \cdot R \cdot N^2$$

где R (дюймы) – радиус от центра ротора до точки, в которой необходимо вычислить центрифужное поле, N (об/мин) – скорость вращения ротора.

4. Спектрофотометрические понятия

IUPAC рекомендует следующие определения:

$$A = -\lg T = \lg I_0 / I = \varepsilon lc$$

где A – поглощение, T – пропускание, I_0 – интенсивность падающего света, I – интенсивность прошедшего света, ε – коэффициент молярного поглощения; c (моль/л) – концентрация; l (см) – длина оптического пути.

ε численно равен поглощению 1 М раствора при длине пути света 1 см. Он имеет размерность л/(моль · см) или М⁻¹ · см⁻¹ (но не см²/моль); для соединений, сильно поглощающих видимый или УФ-свет, например пуринов, пиримидинов, флавинов, порфиринов, никотинамиднуклеотидов и других, $\varepsilon \sim 10^3 \div 10^5$.

Ранее широко использовалось выражение концентрации в моль/мл. В этом случае ε численно равен поглощению раствора, содержащего 1 моль/мл, при длине пути света 1 см; и размерность ε см²/моль; $\varepsilon \approx 10^6 \div 10^8$.

5. Оптическое вращение

$$[\alpha] = 100\alpha/lc$$

где $[\alpha]$ – удельное вращение для 10-сантиметрового слоя раствора, содержащего 1 г/мл вещества. Температура измерения указана в верхнем индексе, используемая длина волны в нижнем индексе (D-линия натрия, 589 нм); α – наблюдаемое вращение, l (дм) – длина пути света; c (г/100 мл) – концентрация раствора.

$[M]$ – молярное вращение; это вращение для 10-сантиметрового слоя раствора вещества, содержащего 1 моль/100 мл.

$$[M] = (M/100)[\alpha]$$

где M – молекулярная масса.

6. Окислительно-восстановительный потенциал

Окислительно-восстановительный потенциал – электродный потенциал полуреакции, содержащей смесь окисленных и восстановленных форм окислительно-восстановительной системы,

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{ox}}}{a_{\text{red}}}$$

где E наблюдаемый потенциал. E_0 стандартный потенциал, определяемый как потенциал системы, когда активность всех присутствующих реагентов равна единице, R – газовая постоянная; T абсолютная температура; n число эквивалентов, участвующих в реакции; F – число Фарадея (96494 Кл), a_{ox} активность окисленной формы; a_{red} активность восстановленной формы. На практике электродный потенциал часто принимают равным E_0 , когда концентрации окисленной и восстановленной форм равны и не обязательно имеют единичную величину.

Отметим, что для реакций с участием протона E_0 стандартный электродный потенциал при единичной активности ионов водорода, т.е. pH 0. Для таких реакций обозначение E'_0 указывает, что измерения проводились при pH, отличных от 0. При биохимических исследованиях pH обычно равно 7.

7. Единицы ферментативной активности

Чаще всего принято характеризовать активность фермента скоростью катализируемой реакции, например в мкмольх превращающегося субстрата в 1 мин или в мкмольх образующегося продукта в 1 мин.

Кроме того, в настоящее время используют еще две единицы ферментативной активности: стандартная единица U (или единица активности) [Enzyme Nomenclature, Recommendations, 1964] и катал. (*сокращ.* кат.) [Enzyme Nomenclature, Recommendations, 1972] (используется в работах по химической кинетике и имеет целью облегчить переход к единицам СИ).

Единица активности U (1U) фермента – это такое его количество, которое при определенных условиях катализирует превращение 1 мкмоль субстрата в 1 мин, или, если атаке подвергается более, чем одна связь в молекуле субстрата, 1 мкэкв (группы) в 1 мин.

1 катал (кат) – это такая каталитическая активность, которая увеличивает скорость реакции на 1 моль/с в определенной тест-системе. (Объяснения см. в [EJB 97, 319 (1979)].)

В обоих случаях строго оговариваются условия, т.е. температура, pH, концентрация субстрата.

Удельная активность в первых двух случаях обычно выражается соответственно в мкмоль/(мин·мг) (или ед. акт./мг). Если ферментативная активность выражается в каталах, удельная активность должна быть представлена в кат/кг.

$$1 \text{ мкмоль/мин} \equiv 1 \text{ ед. акт.} \equiv 16,67 \text{ нкат}$$

8. Растворимость газов. Коэффициенты Бунзена

По определению коэффициент Бунзена α – это объем (мл) газа, приведенный к 0°C и давлению 760 мм, растворяющийся в 1 мл воды (или другой жидкости), когда давление газа составляет 760 мм рт. ст.

а) В воде

Температура, °C	O ₂	H ₂	N ₂	CO ₂
0	0,049	0,021	0,024	1,713
5	0,043	0,020	0,021	1,424
10	0,038	0,020	0,019	1,194
15	0,034	0,019	0,017	1,019
20	0,031	0,018	0,015	0,878
25	0,028	0,018	0,014	0,759
30	0,026	0,017	0,013	0,665
35	0,024	0,017	0,013	0,592
37	0,024	0,017	0,012	0,567
38	0,023	0,017	0,012	0,550
40	0,023	0,016	0,012	0,530
45	0,022	0,016	0,011	0,479
50	0,021	0,016	0,011	0,436

б) В солевых растворах и других системах

1) Диоксид углерода [Van Slyke et al, JBC 78, 765 (1928)].

α_{CO_2} при 38 °C в различных солевых растворах (α_{CO_2} при 38 °C в воде 0,546)

Концентрация, моль/л	NaCl	KCl	Лактат натрия	KH ₂ PO ₄	NaH ₂ PO ₄
0,15	0,529	0,532	0,522	0,516	0,510
0,30	0,511	0,520	0,500	0,490	0,480

α_{CO_2} при 38 °C в растворе Рингера 0,537, в сыворотке 0,510.

Влияние индивидуальных ионов аддитивно, по крайней мере в растворах с концентрацией < 0,5 моль/л, и Ванслайк и др. приводят следующие значения понижения α_{CO_2} при молярной концентрации иона 1 моль/л (38 °C):

H ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	Лактат ⁻	HC ₂ O ₄ ⁻
0,0	0,085	0,053	0,029	0,137	0,066	0,026

α_{CO_2} в H₂SO₄ (25 °C):

H ₂ SO ₄ , моль/л	0,25	0,5	1
α_{CO_2}	0,727	0,705	0,669

Дополнительные данные о значениях α_{CO_2} в растворах солей, кислот и неэлектролитов (главным образом при 25 и 40 °C) приведены в [JBC 78, 765 (1928); International Critical Tables, vol. 3, p. 279, 1928; JACS 63, 449, 1165 (1941); JACS 65, 2030 (1943)].

2) Кислород. Растворимость кислорода (а также водорода и азота) в солевых растворах значительно меньше, чем в воде. Например, α_{O_2} (25 °C) в 1 М H₂SO₄ 0,023; в 2 М NaCl 0,015.

Чепселл [BJ 90, 225 (1964)] описывает метод определения концентрации растворенного в любом солевом растворе кислорода с использованием кислородного электрода. Он дает следующие значения концентрации O₂ в насыщенном воздухом буфере (pH 7,2), содержащем 80 мМ KCl; 15 мМ P_i и 20 мМ триэтанолламин:

Температура, °C	15	20	25	30	35	40
Концентрация кислорода в насыщенном воздухом буфере, мкг-атом/мл	0,575	0,51	0,474	0,445	0,41	0,38

25. Атомные массы

Данные на 1981 г. [Pure & Appl. Chem. 55, 1101 (1983)].

За основу шкалы атомных масс принята атомная масса ^{12}C , равная 12.

Элемент	Символ	Атомный номер	Атомная масса
Азот	N	7	14,0067
Алюминий	Al	13	26,98154
Аргон	Ar	18	39,948
Барий	Ba	56	137,33
Бериллий	Be	4	9,01218
Бор	B	5	10,81
Бром	Br	35	79,904
Ванадий	V	23	50,9415
Висмут	Bi	83	208,9804
Водород	H	1	1,00794
Вольфрам	W	74	183,85
Гадолиний	Gd	64	157,25
Галлий	Ga	31	69,72
Гафний	Hf	72	178,49
Гелий	He	2	4,00260
Германий	Ge	32	72,59
Гольмий	Ho	67	164,9304
Диспрозий	Dy	66	162,50
Европий	Eu	63	151,96
Железо	Fe	26	55,847
Золото	Au	79	196,9665
Индий	In	49	114,82
Иод	I	53	126,9045
Иридий	Ir	77	192,22
Иттербий	Yb	70	173,04
Иттрий	Y	39	88,9059
Кадмий	Cd	48	112,41
Калий	K	19	39,0983
Кальций	Ca	20	40,08
Кислород	O	8	15,9994
Кобальт	Co	27	58,9332
Кремний	Si	14	28,0855
Криптон	Kr	36	83,80
Ксенон	Xe	54	131,29
Лантан	La	57	138,9055
Литий	Li	3	6,941
Лютеций	Lu	71	174,967
Магний	Mg	12	24,305
Марганец	Mn	25	54,9380
Медь	Cu	29	63,546
Молибден	Mo	42	95,94
Мышьяк	As	33	74,9216
Натрий	Na	11	22,98977
Неодим	Nd	60	144,24
Неон	Ne	10	20,179
Никель	Ni	28	58,69
Ниобий	Nb	41	92,9064
Олово	Sn	50	118,69
Осмий	Os	76	190,2

Элемент	Символ	Атомный номер	Атомная масса
Палладий	Pd	46	106,42
Платина	Pt	78	195,08
Празеодим	Pr	59	140,9077
Рений	Re	75	186,207
Родий	Rh	45	102,9055
Ртуть	Hg	80	200,59
Рубидий	Rb	37	85,4678
Рутений	Ru	44	101,07
Самарий	Sm	62	150,36
Свинец	Pb	82	207,2
Селен	Se	34	78,96
Сера	S	16	32,06
Серебро	Ag	47	107,8682
Скандий	Sc	21	44,9559
Стронций	Sr	38	87,62
Сурьма	Sb	51	121,75
Таллий	Tl	81	204,383
Тантал	Ta	73	180,9479
Теллур	Te	52	127,60
Тербий	Tb	65	158,9254
Титан	Ti	22	47,88
Торий	Th	90	232,0381
Тулий	Tm	69	168,9342
Углерод	C	6	12,011
Уран	U	92	238,0289
Фосфор	P	15	30,97376
Фтор	F	9	18,998403
Хлор	Cl	17	35,453
Хром	Cr	24	51,996
Цезий	Cs	55	132,9054
Церий	Ce	58	140,12
Цинк	Zn	30	65,38
Цирконий	Zr	40	91,22
Эрбий	Er	68	167,26

Кратные атомные массы

Множитель	Фосфор P M 30,97376	Сера S M 32,06	Хлор Cl M 35,453	Вода H ₂ O M 18,0153	Множитель
1	30,97	32,06	35,45	18,02	1
2	61,95	64,12	70,91	36,03	2
3	92,92	96,18	106,36	54,05	3
4	123,90	128,24	141,81	72,06	4
5	154,87	160,30	177,27	90,08	5
6	185,84	192,36	212,72	108,09	6
7	216,82	224,42	248,17	126,11	7
8	247,79	256,48	283,62	144,12	8
9	278,76	288,54	319,08	162,14	9
10	309,74	320,60	354,53	180,15	10
20	619,48	641,20	709,06	360,31	20
30	929,21	961,80	1063,59	540,46	30
40	1238,95	1282,40	1418,12	720,61	40
50	1548,69	1603,00	1772,65	900,76	50
100	3097,38	3206,00	3545,30	1801,53	100

Множитель	Углерод С М 12,011	Водород Н М 1,00794	Азот N М 14,0067	Кислород О М 15,9994	Множитель
1	12,01	1,01	14,01	16,00	1
2	24,02	2,02	28,01	32,00	2
3	36,03	3,02	42,02	48,00	3
4	48,04	4,03	56,03	64,00	4
5	60,06	5,04	70,03	80,00	5
6	72,07	6,05	84,04	96,00	6
7	84,08	7,06	98,05	112,00	7
8	96,09	8,06	112,05	128,00	8
9	108,10	9,07	126,06	143,99	9
10	120,11	10,08	140,07	159,99	10
11	132,12	11,09	154,07	175,99	11
12	144,13	12,10	168,08	191,99	12
13	156,14	13,10	182,09	207,99	13
14	168,15	14,11	196,09	223,99	14
15	180,17	15,12	210,10	239,99	15
16	192,18	16,13	224,11	255,99	16
17	204,19	17,13	238,11	271,99	17
18	216,20	18,14	252,12	287,99	18
19	228,21	19,15	266,13	303,99	19
20	240,22	20,16	280,13	319,99	20
21	252,23	21,17	294,14	335,99	21
22	264,24	22,17	308,15	351,99	22
23	276,25	23,18	322,15	367,99	23
24	288,26	24,19	336,16	383,99	24
25	300,28	25,20	350,17	399,99	25
26	312,29	26,21	364,17	415,98	26
27	324,30	27,21	378,18	431,98	27
28	336,31	28,22	392,19	447,98	28
29	348,32	29,23	406,19	463,98	29
30	360,33	30,24	420,20	479,98	30
40	480,44	40,32	560,27	639,98	40
50	600,55	50,40	700,34	799,97	50
60	720,66	60,48	840,40	959,96	60
70	840,77	70,56	980,47	1119,96	70
80	960,88	80,64	1120,54	1279,95	80
90	1080,99	90,71	1260,60	1439,95	90
100	1201,10	100,79	1400,67	1599,94	100

Предметный указатель

- Абрин 241
Абсцизин II 201
Абсцизовая кислота 201
Авидин 101
Агароза N-гидроксисукцинимидактивированная 449
– эпоксиактивированная 448
Агарозы активированные 446
– с присоединенными спейсерами 447
Агенты хаотропные 239
АГМГК 273
АГТТ 407
Аденилилимидодифосфат 212
Аденилил(β,γ-метилен)дифосфонат 212
5'-Аденилилсульфат 73
Аденнловая кислота 72
– – дрожжевая 72
– – мышечная 73
Аденин 71, 89, 343
Аденинарабинозид 213
Аденин-β-D-арабинофуранозид 213
Аденин-β-D-арабинофуранозид-5'-трифосфат 213
Адениндезоксирибозид 74
Адениндезоксирибозо-5'-трифосфат 74
Адениндезоксирибозо-3'-фосфат 75
Адениндезоксирибозо-5'-фосфат 75
Аденинрибозид 72
S-Аденозилгомоцистеин 11
Аденозилкобаламин 106
S-Аденозилметионин 12
Аденозин 72, 89
Аденозин-5'-дифосфат 72, 89
Аденозин-5'-дифосфо-α-D-глюкопираноза 140
Аденозин-5'-(β,γ-имидо)трифосфат 212
Аденозин-5'-(β,γ-метилен)трифосфат 212
Аденозин-5'-моносulfат, Ba-соль 263
Аденозин-5'-сульфoфoсфат 73
Аденозин-5'-O-(2-тиодифосфат) 209
Аденозин-5'-O-(3-тиотрифосфат) 214
Аденозин-5'-O-тиофосфат 212
Аденозин-5'-трифосфат 72, 89
Аденозин-2'-фосфат 72, 89
Аденозин-3'-фосфат 72, 90
Аденозин-5'-фосфат 73, 90
Аденозин-3'-фосфат-5'-фосфосульфат 73
Аденозин-5'-фосфосульфат 73
Аденозин-2',3'-циклофосфат 73
Аденозин-3',5'-циклофосфат 74
Адипиновая кислота 38
Адиуретин 18
Адонитол 126
Адоноза 126
D-Адреналин 12
Адренкортикотропин 27
Адренкортикотропный гормон 27
Адриамицин 217
8-Азагуанин 210
8-Аза-9-деазааденозин 224
8-Аза-9-деазаинозин 224
Азасерин 210
7-Азатриптофан 226
Азациклопропан 333
Азеботин 245
Азелаиновая кислота 142
Азетидин-2-карбоновая кислота 227
Азид водорода 251
Азид натрия 251
Азиридин 333
Азолитмин 372
Азотистая кислота 319, 410
Азотистоводородная кислота 251
– – Na-соль 251
Азотная кислота 474
Азотный "иприт" 216
Азур A7 404
АИА 282
Аквакобаламин 102
Аквокобаламин, кислый раствор 102

- Аконитовая кислота, *транс*-изомер 38
 – – *цис*-изомер 38
 Акридиновый оранжевый 379
 Акриламид 376
 Акриловая кислота 38
 Акрифлавин 222
 Акрихин 252
 Аксерофтол 114
 АКТГ 27
 "Активный ацетальдегид" 102
 Активный метионин 12
 "Активный формальдегид" 108
 "Активный формат" 108
 Актидион 232
 Актиномицин 210
 Актиномицин D 210
 Аламетицин 246
 Аланап 206
 β -Аланил-L-гистидин 26
 Аланин 13, 389
 α -Аланин 341, 353
 β -Аланин 13, 341, 353
 Алар 201
 Алеваир 239
 Ализарин желтый 372
 1-(Алкен-1'-ил)-2-ацил *sn*-глицеро-3-фосфо-О-этаноламин 149
 1-Алкил-2-ацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-этаноламин 144
 N-Алкил-N,N-диметил-3-аммоний 1-пропансульфонаты 235
 Алкоксидиглицерид 144
 6-Алкоксифосфолипиды 144
 Аллантаин 13
 Аллилпропилацетамид 282
 Аллилэстренол 165
 17-Аллилэстрен-4-ол 17 β 165
 Аллоксан 282
 Аллолактоза 135
 Альбумин бычий сывороточный 316
 Альдактон 262
 Альдегидогенная реакция 418
 Альдостерон 167
 D-Альтрогептулоза 135
 Альциановый синий 404
 Алюминия соли 411
 Алюмогель C _{α} 463
 – C _{γ} 463
 α -Аманитин 211
 Амберлиты 428-431
 Аметоптерин 211
 Амигдалоза 135
 N-Амидиноглицин 21
 N-5-Амидиноорнитин 15
 Амизол 251
 Амилобарбитон 283
 – Na-соль 283
 Аминазин 292
 2-Аминоадипиновая кислота 13
 α Аминоадипиновая кислота 13
 α -Амино- β -(7-аза-3-индолил)пропионовая кислота 226
 L-2-Амино-4 (2'-амино 3'-гидроксипропокси)-*транс*-бутен-3-овая кислота 207
 o-Аминоацетофенон 382
 n-Аминоацетофенон 424
 – диазотированный 424
 Аминоацил-транспортная РНК 13
 Аминоацил-tРНК 13
 m-Аминобензамидин 452
 n-Аминобензамидин 452
 o-Аминобензойная кислота 15
 n-Аминобензойная кислота 99, 424
 – – диэтиламиноэтиловый эфир 288
 n-Аминобензолсульфамид 275
 2-Аминобутановая кислота 14
 4-Аминобутановая кислота 14
 γ -Аминобутирин 23
 δ -Аминовалериановая кислота 266
 2-Аминогександиовая кислота 13
 2-Аминогексановая кислота 30

- 4-Амино-5-гидразино-1,2,4-триазол-тиол-3 407
- 2-Амино-3-гидроксibenзойная кислота 18
- 2-Амино-3-гидроксibутановая кислота 33
- 2-Амино-4-гидроксibутановая кислота 22
- 4-Амино-2-гидрокси-5-гидроксиметил-пиримидин 76
- 2-Амино-4-гидрокси-6-(*L*-эритро-1,2-дигидроксипропил)птеридин 101
- 2-Амино-4-гидроксимасляная кислота 22
- 4-Амино-3-гидрокси-6-метилгептановая кислота 273
- 4-Амино-2-гидрокси-5-метилпиримидин 81
- 4-Амино-2-гидроксипиримидин 87
- 4-(2-Амино-3-гидроксипропил)имидазол 21
- 2-Амино-3-гидроксипропионовая кислота 31
- 2-Амино-6-гидроксипурин 77
- 5-Амино-7-гидрокси-1-*v*-тиазол[*d*]-пиримидин 210
- 2-Амино-4-гидрокси-6-формилптеридин 274
- 4-(2-Амино-1-гидроксиэтил)-1,2-бенздиол 29
- n*-Аминогиппуровая кислота 399
- 2-Аминоглутаминовая кислота 22
- 2-Аминоглутаровая кислота 21
- Аминоглутетимид 261
- 2-Амино-5-гуанидиновалериановая кислота 15
- α -Амино- γ -гуанидинокси-*n*-масляная кислота 227
- 2-Амино-5-гуанидинопентановая кислота 15
- 2-Амино-2-дезоксид-D-галактозы гидрохлорид 128
- 2-Амино-2-дезоксид-D-глюкоза 129
- 2-Амино-2-дезоксид-D-глюкозо-6-фосфат 59
- 2-Амино-2-дезоксид-3-O-(β -D-глюкопиранозилуриновая кислота)-D-галактопираноза 138
- 2-Амино-2-дезоксид-3-O-(β -D-глюкопиранозилуриновая кислота)-D-глюкопираноза 136
- 2-Амино-1,5-дигидро-1-метил-4H-имидазол-4-он 27
- n*-Аминодиметиланилин 397
- D-4-Амино-3-изоксазолидон 280
- 2-Аминоизомасляная кислота 14
- 3-Аминоизомасляная кислота 14
- α -Аминоизомасляная кислота 14
- β -Аминоизомасляная кислота 14
- β -Амино-1H-имидазол-4-пропанол 21
- α -Амино-1H-имидазол-4-пропионовая кислота 21
- 5-Аминоимидазол-4-карбоксамид 14
- рибонуклеотид 56
- 5-Амино-1H-имидазол-4-карбоксамид 14
- 5-Аминоимидазол-4-карбоксамидрибонуклеотид 56
- β -Амино-1H-имидазол-4-пропанолфосфат 58
- N-(Аминоиминометил)глицин 21
- N-(Аминоиминометил)-N-метилглицин 27
- α -Амино- β -(3-индазол)пропионовая кислота 230
- α -Амино-3-индолилпропионовая кислота 34
- α -Аминокaproновая кислота 229
- ϵ -Аминокaproновая кислота 266
- N-[[[(4-Амино-4-карбоксибутил)амино]иминометил]-L-аспарагиновая кислота 15
- (3-Амино-3-карбоксипропил)диметилсульфонийбромид 28
- 5'-[(3-Амино-3-карбоксипропил)метилсульфоний]-5'-деоксиаденозин 12
- 5'-S-(3-Амино-3-карбоксипропил) 5'-тиоаденозин 11

- (R)-S-(2-Амино-2-карбоксиэтил)-L-гомоцистеин 35
- 2-Амино-3-О-(1-карбоксиэтил)-2-дезоксид-Д-глюкоза 133
- S-(2-Амино-2-карбоксиэтил)цистеин 27
- Аминокарбоиласпарагиновая кислота 25
- N-[2-(Аминокарбонил)окси]этил-N,N,N-триметиламмонийхлорид 25
- N-5-Аминокарбонилорнитин 36
- 5-Аминолевулиновая кислота 14
- δ-Аминолевулиновая кислота 14
- 2-Аминомасляная кислота 14
- 4-Аминомасляная кислота 14
- α-Аминомасляная кислота 14, 341
- γ-Аминомасляная кислота 14, 353, 389
- 2-Амино-4-меркаптобутановая кислота 22
- 2-Амино-3-меркаптопропионовая кислота 36
- 2-Амино-6-меркаптопурин 224
- Аминометан 28
- 2-Амино-3-метилбутановая кислота 18
- α-Амино-β-(1-метил-4-имидазол)пропионовая кислота 28
- α-Амино-β-(1-метил-5-имидазол)пропионовая кислота 28
- 2-Амино-3-метилпентановая кислота 24
- 2-Амино-4-метилпентановая кислота 27
- 2-Амино-2-метилпропандиол-1,3 353, 364
- 2-Амино-2-метилпропанол-1 264, 353
- 2-Амино-2-метилпропионовая кислота 14
- 3-Амино-2-метилпропионовая кислота 14
- 4-Амино-N¹⁰-метилптеройлглутаминовая кислота 211
- 2-Амино-4-метилсульфинилбутановая кислота 29
- 2-Амино-4-метилсульфонилбутановая кислота 29
- 2-Амино-4-(метилтио)бутановая кислота 29
- 1-Амино-1-(*n*-метоксифенил)метансульфоновая кислота 264
- α-Аминометоксифенилметансульфоновая кислота 264
- 1-Амино-8-нафтол-5,6-дисульфоновая кислота 385
- α-Аминооксипуксусная кислота 264
- 2-Амино-4-оксобутановая кислота 16
- 5-Амино-4-оксопентановая кислота 14
- 2-Аминопентановая кислота 30
- 4-Аминопиридин 353
- 3-Аминопропан-1,1,3-трикарбоновая кислота 25
- N-(3-Аминопропил)-1,4-диаминобутан 32
- 2-Аминопропионовая кислота 13
- 3-Аминопропионовая кислота 13
- 6-Амино-9-D-психофуранозилпурин 223
- Аминоптерин 211
- 4-Аминоптероилглутаминовая кислота 211
- 6-Аминопурин 71
- 5-Амино-1-β-D-рибозилимидазол-4-карбоксамид-5'-фосфат 56
- Аминосалициловая кислота 382
- n*-Аминосалициловая кислота 264
- α-Амино-β-сульфинопропионовая кислота 36
- 2-Амино-3-сульфопропионовая кислота 36
- 7α-*n*-Аминотиофениландроstenдион 262
- 3-Амино-1H-1,2,4-триазол 251
- Аминоксусная кислота 21, 366
- 2-Амино-5-уреидопентановая кислота 36
- Аминофенилборная кислота 452
- 2-Амино-3-фенилпропионовая кислота 34
- 2-(*n*-Аминофенил) 2-этилглутаримид 261
- n*-Аминофенол 398
- m*-Аминофенолы 384
- o*-Аминофенолы 384
- n*-Аминофенолы 384
- Амиофиллин 264
- Аминоформамидингидрохлорид 266
- α-Амино-β-хлоромасляная кислота 227
- 1-Аминоциклопентанкарбоновая кислота 245

- 2-Аминоэтанол 37
 – О-фосфат 56
 2-Аминоэтансульфиновая кислота 20
 2-Аминоэтансульфоновая кислота 32
 2-Аминоэтантиол 35
 4(5)-(2-Аминоэтил)имидазол 21
 3-(2-Аминоэтил)индол 34
 2-Амио-2-этилпропандиол-1,3 353
n-(2-Аминоэтил)фенол 32
 2-Аминоэтилфосфат 56
 2-Амиоянтарная кислота 16
 – – полуамид 16
 Амины diaзотированные 409
 Амитал 283
 – Na-соль 251
 Амитрол 251
 Аммиак 353, 370, 371, 474
 Амобарбитал 251
 Амфенон В 261
 Амфетамин 282
 – сульфат 283
 Амфотерицин В 247
 – Me-эфир·HCl 247
 Анаприлин 289
 2,7-Ангидро-D-альтрогептулоза 135
 Ангидровитамин А 422
 Ангидрогидроксипрогестерон 167
 Ангидролейковорин 108
 N⁵, N¹⁰-Ангидроформилтетрагидрофо-
 лиевая кислота 108
 Ангиотензины 15
 Ангиотонин 15
 Андриаминин 209
 Андростандиол 160
 5α-Андростандиол-3β,17β 160
 Андростанолон 160
 Андростендион 160
 Андростен-4-дион-3,17 160
 4-Андростен-3,17-дион 160
 Андростен-4-ол-17β-он-3 161
 4-Андростен-17β-ол-3-он 161
 Андростерон 160
транс-Андростерон 161
 Андростриен-1,4,6-дион-3,17-5α-ди-
 гидротестостерон 262
 Аневрина гидрохлорид 116
n-Анизидин 397
 Анилин 397, 399
 8-Анилинонафтил-1-сульфокислота 242
 Анилинфталат 421
 Анионы антихаотропные 239
 Анисовый альдегид 421
 Антабус 264
 Антибиотики aminогликозидные 230
 – тетрациклиновые 230
 Антибиотик полиеновый 247
 – – нейтральный 250
 Антивинная кислота 40
 Антидиуретический гормон 18
 Антилюзит британский 316
 Антимицин 252
 Антимицин А₁ 252
 Антимицин А₃ 252
 Антипэин 273
 Анраниловая кислота 15, 382
 3-Анранилоилаланин 26
 Антрахинон 400, 401
 Антрацен 414
 Антрипол 276
 Антрон 401
 Анцимидол 201
 Апоморфингидрохлорид 283
 D-Арабинитол 124
 D-Арабиногексулозоновая кислота 130
 Арабиноза 396
 D-Арабиноза 124
 L-Арабиноза 124
 UDP-L-Арабиноза 141
 Арабиозиладенин 213
 Арабиозилцитозин 213
 9-β-D-Арабинофуранозиладенин 213
 1-β-D-Арабинофуранозилцитозин 213

- D-Арабит 124
 D-Арабитол 124
 D-Арабокетоза 126
 D-Арабулоза 126
 Арахидоновая кислота 142
 – – метиловый эфир 158
 Арахиновая кислота 142
 Арбутин 308
 Аргинин 15, 341, 389, 393
 Аргининвазопрессин 18
 L-Аргининфосфат 66
 L-Аргининянтарная кислота 15
 Ареколин 288
 Ароматические альдегиды 421
 Арсенат натрия 257
 Арсенит натрия 405
 Арсенолит 256
 Артеренол 29
 Аскорбиновая кислота 99, 425, 426
 L-Аскорбиновая кислота 99
 Аскорбиновой кислоты оксо-таутомер 131
 Аспарагин 16, 341, 389
 Аспарагиновая кислота 16, 341, 353, 389
 – – β -моноамид 16
 Аспарагиновый полуальдегид 16
 β -L Аспартилфосфат 56
 Астаксантин 199
 Астацин 198
 Атабрин 252
 Атебрингидрохлорид 252
 Атразин 252
 Атрактилат калия 242
 Атрактилозид 242
 Атропин 283, 288
 – сульфат 283
 Ауксин 205
 Ауреомицин 230, 343
 Аурицентрикарбоновая кислота 227
 Ауровертин В 252
 Ауровертин D 253
 Ауроксантин 198
 Афлатоксин В₁ 214
 Ацетазоламид 264
 Ацетальдегид 38
 Ацетальдегидогенная реакция 417
 Ацетальфосфатиды 149
 Ацетамид 16
 2-Ацетамид-2-дезоксид-D-галактоза 126
 2-Ацетамид-2-дезоксид-D-глюкоза 127
 2-Ацетамид-2-дезоксид-D-манноза 127
 5-Ацетамид-3,5-дидезоксид-D-глицеро
 D-галактононупулозоновая кислота 127
 N-(2-Ацетамидо)-2-аминоэтансульфоно
 вая кислота 342
 2-Ацетамидо-2-дезоксид-4-O-(2-ацет-
 амидо-2-дезоксид- β -D-глюкопира
 нозил)-D-глюкопираноза 136
 4-Ацетамидо-4'-изотиоцианостиль
 бен-2,2'-дисульфоновая кислота,
 Na₂-соль 242
 N-(2-Ацетамидо)иминодиуксусная
 кислота 342, 352
 2-(3-Ацетамидо-5-N-метилацетамидо-
 2,4,6-триидобензамидо)-2-дезок-
 сид-D-глюкоза 471
 DOCA-Ацетат 168
 Ацетат бария 425
 Ацетат калия 371
 Ацетат натрия 357, 371
 – – тригидрат 357
 Ацетат ртути 412
 Ацетат свинца 379
 Ацетил-CoA 100
 Ацетил S-CoA 100
 2-Ацетиламино-2-дезоксиглюконолак
 тон 265
 5-Ацетиламино-1,3,4-тиадиазол-2-
 сульфонамид 264
 Ацетилацетон 404
 N-Ацетил-D-галактозамин 126
 UDP-N-Ацетилгалактозамин 140

- N-Ацетилглутаминовая кислота 16
 N-Ацетил-D-глюкозамин 127
 UDP-N-Ацетилглюкозамин 140
 N-Ацетилглюкозаминолактон 265
 N-Ацетилглюкозамин-6-фосфат 57
 2 Ацетилдейтерогемохром 177
 1-Ацетилимидазол 319
 N-Ацетилимидазол 319
 Ацетилкофермент А 100
 Ацетилкоэнзим А 100
 N-Ацетил-D-маннозамин 127
 Ацетилметилкарбинол 39
 Ацетил- β -метилхолинхлорид 16
 N-Ацетил-5-метокситриптами́н 17
 CMP-N-Ацетилнейрамина́вая кислота 141
 N-Ацетилнейрамина́вая кислота 127
 3'-Ацетокси-6',7'-дидегидро-5,6-эпокси-5,5',6,6',7,8-гексагидро-3,5'-дигидроксн 8-оксо β -каротин 199
 N-(2-Ацетоксипропил)-N,N,N-триметиламмонийхлорид 16
 N-Ацетил-L-тирозина этиловый эфир 304
 Ацетилфосфат 57
 Ацетилхлорид 422
 Ацетилхолин 17
 N-Ацетилхондрозамин 126
 N Ацетилхондрозин 138
 Ацетин 315
 2 Ацетоамид-2-дезоксн-D-глюкозо 1-фосфат 57
 2-Ацетоамид 2-дезоксн-D-глюкозо 6-фосфат 57
 2-Ацетоацетил-4-метилфенол 382
 o-Ацетоацетилфенол 382
 Ацетон 39
 4 Ацетоксиандростен-4 дион 3,17 262
 17 α -Ацетокси-6-метилпрегнадиен-4,6-дион-3,20 166
 4-Ацетокси-2-нафталъдегид 421
 17 α -Ацетокси-6-хлорпрегнадиен-4,6-дион-3,20 167
 N 2-Ацетоксиэтил-N,N,N-триметиламмония бромид 17
 N-2-Ацетоксиэтил-N,N,N-триметиламмония гидроксид 17
 N-2 Ацетоксиэтил-N,N,N-триметиламмония иодид 17
 N-2-Ацетоксиэтил-N,N,N-триметиламмония хлорид 17
 Ацетон 39
 Ацетоуксусная кислота 39
 - - Li-соль 39
 Ацетоэруковая кислота 148
 Ацидогенная реакция 418
 Ацил-CoA 100
 S Ацил-CoA 100
 1-Ацил-sn-глицеро 3-фосфохолин 147
 S-Ацилкофермент А 100
 S-Ацилкоэнзим А 100
 2-Ацилоксибензойные кислоты 314
 Ацилсалициловые кислоты 314
 Ацилсфингозилолигосахариды 143
 N-Ацил-эритро-сфингозин 1-фосфохолин 151
 Ацилхлоранилиды 255
 Аэрозоль ОТ 234
 Аэроспорин 250
 АЭ целлюлоза 434
 Байала реактив 407
 Байер 205 276
 Бактериохлорофилл а 193
 Бактериохлорофилл с 193
 Бактериохлорофилл d 194
 Барбамил 251
 Барбан 260
 Барбитал 283
 натрия 371
 Барбитон 283
 натрия 284,362

- растворимый 283
- Барбитураты, анестезирующие и снотворные средства 283
- Барбитуровая кислота 352
- Батиловый спирт 144
- Бацитрацин А 265
- Бацитрацины 265
- БГТ 459
- БД-целлюлоза 434
- Бегеновая кислота 142
- Беккерель 454
- Белок А 240
- Бенадрилгидрохлорид 285
- Бенгальский розовый 331, 332
- Бенемид 288
- 2-(Бензгидрилокси)-N,N диметилэтил-амингидрохлорид 285
- Бенздиол-1,2 45
- Бенздиол-1,4 294
- Бензедрин 282
- Бензидин 398, 424
- диазотированный 409
- N⁶-Бензиладенин 201
- 6-Бензиламинопурин 201
- 6-Бензиламино-9-(тетрагидропири-нил-2)пурин 207
- Бензилвиологен 203, 293
- 1-Бензил-3-(3-диметиламинопропил) карбодиимидгидрохлорид 326
- 2-Бензилимидазол 265
- Бензилпенициллин 272
- Бензимидазол 202
- Бензоат натрия 371
- α -N-Бензоил-L-аргининамидгидрохлорид 304
- α -N-Бензоил-L-аргининэтилгидрохлорид 305
- Бензоилглицил-L-аргинин 305
- Бензоилглицил-L-фенилаланин 305
- N-Бензоилглицин 21
- N-Бензоил-L-тирозина этиловый эфир 305
- Бензоилформальдегид 330
- Бензоилхлорид 422
- α -Бензоиноксим 336
- Бензойная кислота 39, 352, 371
- - K-соль 39
- - Na-соль 39
- Бензолкарбоновая кислота 39
- 2,3-Бензопиррол 25
- Бензохинон 384
- 3,4-Бензпирен 214
- 2(3H)-Бензтиазолтиол 270
- Берлинская лазурь 387
- Бетаин 17
- Бетаметазон 169
- Бикарбонат калия 371
- Бикарбонат натрия 360, 371
- Биладиен(a,c)-IX α 180
- Билатриен-IX α 179
- Биливердин 179
- солянокислый 179
- Билинейрин 35
- Билирубин 180
- Биогели 440, 441, 443
- Биоксалат калия 371
- Биологический эквивалент рада 454
- Биоптерин 101
- Биорексы 429, 431
- Биотин 101
- d-Биотин 101
- ϵ -N Биотиноил-L-лизин 101
- Биоцитин 101
- α, α' -Бипиридил 337
- P¹, P⁵-Бис(аденозин 5')пентафосфат 213
- Бисакриламид 376
- Бис(2-амино-2- карбоксиэтил)сульфид 27
- N,N'-Бис(3-аминопропил)-1,4 диамино-бутан 32
- 3,3-Бис(n-аминофенил)бутанон-2 261
- Бисгидроксикумарин 254, 284
- N,N-Бис(2-гидроксиметил)глицин 365

- N,N-Бис(2-гидроксиэтил)-2-аминоэтан-
 сульфоновая кислота 352
 N,N-Бис(гидроксиэтил)глицин 336
 N,N-Бис(2-гидроксиэтил)глицин 353
 Бис(1,2-диацил-*sn* глицеро-3-фосфо)-
 1',3'-*sn*-глицерин 146
 3,7-Бис(диметиламинофеназатионийхло-
 рид) 297
 Бис(2-диметиламиноэтил)сукцинат-
 бис(метобромид) 286
 Бисимидаты 320
 Бисимидозефры 320
 Бис(4-метилумбеллиферил)фосфат 311
 Бис(*n*-нитрофенил)фосфат, Са-соль 312
 2,3-Бис(3-пиридил)-2-метилпропан-
 он-3 262
 Бисульфат натрия 371
 Бисформазан 299
 2,2'-Бис(8-формил-1,6,7-тригидрокси-
 5 изопропил 3-метилнафталин) 254
 2,3-Бис(фосфо)-D глицерат 61
 N,N-Бис(фосфонометил)глицин 202
 Бис(2-хлороэтил)сульфид 216
 Бис(2-этилгексил)сульфосукцинат
 натрия 234
 Биурет никеля 380
 Биуретовый метод 465
 Биуретовый реагент 465
 3,3'-(4,4'-Бифенилен)-бис(2,5-дифе-
 нил-2Н тетразолийхлорид) 299
 Бицин 336
 Блеомицин 214
 БНД-целлюлоза 434
 Бонгкрековая кислота 243
 Боратные буферные растворы 366, 367
 Борная кислота 353, 370, 371
 Борогидрид натрия 298, 328
 Брадикинин 18
 Брассидиновая кислота 156
 Брахиоза 136
 Бревидил М 286
 Брентамин стойкий синий В, основной
 416
 Брея сцинтиллятор 459
 Бридж 236
 Бриллиантовый крезильовый синий 293
 Бром 412, 420
 5-Бromo-2'-дезоксириндин 215
 Бромокрезоловый зеленый 372, 379,
 382, 416
 Бромокрезоловый синий 372
 Бромокрезоловый пурпурный 372, 379
 Бромокриптин 171
 - мезигилат 171
 α-Бromo-4-нитро-*o*-крезол 321
 N-Бромосукцинимид 320
 Бромотимоловый синий 372, 379
 5-Бromoурацил 215
 Бромофеноловый синий 372
 Бромоциан 321, 424, 446
 2-Бromo-α-эргокриптин 171
 Брушит 464
 Брэдфорда методика 466
 БСА 316
 БСИ 320
 α-Буйгаротоксин 243
 β-Бунгаротоксин 243
 Бунзена коэффициенты 476
 Бура 371
 2,3-Бутадион 321
 Бутаналь 46
 1,4-Бутандиамин 31
 Бутан-1,4-дикарбоновая кислота 38
 Бутандикислоты ангидрид 333
 Бутандиовая кислота 54
 Бутандиол 2,3 40
 Бутандион-2,3 44, 321
 2,3-Бутандиондиоксим 336
 Бутановая кислота 46
 Бутантетрол-1,2,3,4 124
цис-Бутендикислоты ангидрид 326
транс-Бутендиовая кислота 52

- цис*-Бутендиовая кислота 46
транс-2-Бутеновая кислота 45
n-Бутиламин 353
трет-Бутилгипохлорит 391
 2,3-Бутиленгликоль 40
 2-(4'-*трет*-Бутилфенил)-5-(4''-бифе-
 нил)-1,3,4-оксадиазол 459
втор-Бутил-N-(3-хлорофенил)карбамат
 260
трет-Бутилхромат 415, 418
 Бутирилхолинхлорид 18
 Бутирин 14, 315
 Буферная емкость 348
 БХФК 260
 Бэр 454
- Вазопрессин** 18
 Вакценовая кислота 142
 - - *транс*-изомер 142
 - - *цис*-изомер 142
n-Валериановая кислота 40
 Валин 18, 341, 389
 Валиномицин 247, 250
 Ваиилин 394, 402, 409, 410, 421
Варбурга и *Кристиана* методика 464
 Ватманы 434, 436
 Вегализен 286
 Вердогем 177
 Веронал 283
 Веронал натрия 362
 Верошпирон 262
 Версен 339
 Вещество В (по *Кендаллу*) 168
 Вещество Е (по *Кендаллу*) 168
 Вещество F (по *Кендаллу*) 168
Виатта раствор (чешуекрылые) 374
 Видарабин 213
 Винбластин 215
 Винбластинсульфат 215
 Винилмуравьиная кислота 38
- 2-Винил-1,3,5,8-тетраметил-4,6,7-
 три(2'-карбокси)этилпорфин 187
 Винкрестин 215
 Винная кислота 40, 342, 352, 371,
 383, 453
 - - обыкновенная 40
 - - соли K, Na, NH₄ 40, 41
мезо-Винная кислота 40, 265
 D(+)-Винная кислота 265
 D(-)-Винная кислота 265
d-Винная кислота 265
 DL-Винная кислота 40
 L(+)-Винная кислота 265
 Виннокислый калий-натрий 41
 Винный камень 41
 - - неочищенный 41
 - - растворимый 41
 Виноградная кислота 40
 Виолаксантин 198
 Висмутидид калия 424
 Витамин А 422
 - - эфиры 422
 Витамин А₁ 114
 - - альдегидная форма 114
 - - кислотная форма 114
 Витамин А₂ 103
 - - альдегидная форма 103
 Витамин В₁·HCl 116
 Витамин В₂ 115
 Витамин В₆·HCl 112
 Витамин В₁₂ 121
 Витамин В_{12a} 102
 Витамин В_{12b} 102
 Витамин В_{12г} 121
 Витамин В_{12s} 121
 Витамин ВТ 26
 Витамин С 99
 - - окисленная форма 103
 Витамин D 422
 Витамин D₂ 122
 Витамин D₃ 120

- Витамины Е 117, 423
Витамин Н 101
Витамины К 423
Витамин К₁ 118
Витамин К₂ (30, 35) 107
Витамин К₃ 296
Витамин РР 110
Вода морская искусственная 375
Вольфрамовая кислота 472
D-Галактаровая кислота 127
Галактит 128
Галактитол 128
Галактоглицериды 143
Галактоза 396
D-Галактоза 128
D-Галактозамингидрохлорид 128
α-D-Галактозил-*p*-(1→6)-α-D-галактозил-*p*-(1→6)-α-D-глюкозил-*p*-(1→2)-β-D-фруктозид *f* 138
Галактозилглицериновые эфиры 143
α-D-Галактозил-*p*-(1→6)-α-D-глюкозил-*p*-(1→2)-β-D-фруктозид *f* 137
6^{Gal}-α-Галактозилраффиноза 138
6^{Gal}-α-Галактозилсахароза 137
α-D-Галактозо-1-фосфат 57, 140
D-Галактозо-6-фосфат 57
D-Галактометилоза 134
L-Галактометилоза 134
D-Галактоновая кислота 128
α-D-Галактопиранозил-1,6-β-D-галактопиранозил-1-глицерина 2,3-диацильный эфир 143
4-O-β-D-Галактопиранозил-D-глюкопираноза 137
6-O-β-D-Галактопиранозил-D-глюкопираноза 135
6-O-α-D-Галактопиранозил-D-глюкопираноза 137
Галактуроновая кислота 396
D-Галактуроиновая кислота 128
UDP-Галактуроновая кислота 140
Галегиисульфат 258
ГАМК 14
Гаммексан 265
Гаиглиозиды 143
Гваякол 294
Гезаприм 252
1,1',6,6',7,7'-Гексагидрокси-3,3'-диметил-5,5'-диизопропил-(2,2'-динафталин)-8,8'-дикарбоксальдегид 254
7,8,12',11',8',7'-Гексагидроликопин 195
Гексагидроуоропорфирин 186
Гексадекадиен-6,9-овой кислоты метильный эфир 157
Гексадекадиен-9,12-овой кислоты метильный эфир 157
транс-Гексадецен-9-овой кислоты метильный эфир 157
цис-Гексадецен-9-овой кислоты метильный эфир 157
Гексадеканаль 148
n-Гексадекановая кислота 148
- - метильный эфир 157
1-Гексадеканол 155
Гексадекатетраен-6,9,12,15-овой кислоты метильный эфир 157
Гексадекатриен-6,9,12-овой кислоты метильный эфир 157
9-Гексадеценная кислота 149
8-Гексадеценной кислоты метильный эфир 157
1-Гексадецилпиридинийхлорид 235
цис, *цис*-2,4-Гексадиендиновая кислота 48
L-трео-2,3-Гексадиулозоновая кислота 130
1-Гексакозанол 155
Гексаметиленбис(триметиламмоний) 286
Гексаметилендиамин 353
Гексаметонбромид 286

- Гексаметоний 286
 Гексаметонхлорид 286
 Гексаминкобальтихлорид 243
 Гексанатрий-*симм*-бис(*м*-аминобензоил-*м*-амино-*п*-метилбензоил-1-нафтил-амино-4,6,8-трисульфонат)карб-амид 276
 Гександиовая кислота 38
 Гексановая кислота 41
 - - метиловый эфир 157
 Гексахлоран 265
 γ -Гексахлороциклогексан 265
 Гексил-GSH 451
 Гексилрезорцин 385
 Гексозодифосфат 69
 Гем 188
 Гем *Spirographis* 190
 Гем *a* 188
 Гематин 188
 - восстановленный 188
 - щелочной 188
 Гематины 177
 Гематопорфиридин *Шумма* 185
 Гем зеленый эритроцитный 190
 Гемин 189
 Гемины 177
 Гемолиз 418
 Гемы 177
 Гентиобиоза 135
 Гепарин, Na-соль 284
 Гепарин, α форма 284
 β -форма 284
 Гептадекановая кислота 143
 - - метиловый эфир 157
 Гептадекоевая кислота 143
н-Гептадеценовой кислоты метиловый эфир 157
 Гептадециловая кислота 143
 Гептаметилен-1,7-дикарбоновая кислота 142
 Гептандикарбоновая-1,7 кислота 142
 Гептандиовая кислота 49
н-Гептановой кислоты метиловый эфир 157
 2-*н*-Гептил-4-гидроксихинолин-N-оксид 252, 253, 256
 Геранилдифосфат 57
 Геранилпирофосфат 57
 Германин 276
 Героин 287
 Гестанон 165
Геля растворы 374
 Гиалобинуриновая кислота 136
 Гиамина гидроксид 460
 Гибберелловая кислота 202
Гиббса реагент 424
 Гидантоины 394
 Гидридокобаламин 121
 α -Гидро- ω -гидроксиполи(окси-1,2 этандиол) 318
 Гидрокортизон 168
 Гидроксамовая реакция 416
 Гидроксамовые кислоты 253
 β -Гидроксиаланин 31
 2-Гидрокси-6-аминопурин 80
 5-Гидрокси-3-(2-аминоэтил)индол 20
 Гидроксиаммония хлорид 253
 3 α -Гидрокси-5 α -андростан 17 он 160
 3 α -Гидрокси-5 α -андростанон-17 160
 3 α -Гидрокси-5 β -андростан-17-он 161
 3 α -Гидрокси-5 β -андростанон-17 161
 3 β -Гидрокси-5 α -андростан-17 он 161
 3 β -Гидрокси-5 α андростанон 17 161
 17 β Гидрокси 5 α андростан 3 он 160
 17 β -Гидрокси-5 α -андростанон-3 160
 4-Гидроксиандростендион-3,17 262
 3 β -Гидроксиандростен-5-он-17 160
 3 β -Гидрокси-5-андростен-17-он 160
 17 β -Гидроксиандростен-4-он 3 161
 17 β Гидрокси 4 андростен-3 он 161
о-Гидроксианизол 294
 3-Гидроксиантраниловая кислота 18

- 3-(3-Гидроксиантранилоил)аланин 19
 Гидроксиапатит 463
 Гидроксиацетальдегид 42
 17-Гидрокси-7 ацеттиоокси-21-карбоксии
 17 α -прегнен-4-она-3 γ -лактон 262
 о-Гидроксибензальдегидоксим 336
 4 Гидроксибензойная кислота 41
 о-Гидроксибензойная кислота 338
 п-Гидроксибензойная кислота 41
 2-Гидроксибутандиовая кислота 54
 3-Гидроксибутановая кислота 41
 3-Гидроксибутанон-2 39
 25-Гидроксивитамин D₁ 102
 5-Гидроксигетероауксин 19
 α -Гидроксигидрокоричная кислота 51
 17 β -Гидрокси-2-(гидроксиметил)-
 17 α -метил-5 α -андростанон-3 162
 17-Гидрокси-11-дегидрокортикостерон
 168
 О-(4-Гидрокси-3,5-дидофенил) 3,5-
 динотирозин 33
 Гидроксид кальция 371
 Гидроксид натрия 369, 371
 N⁶-(цис-4-Гидроксиизопентенил)аде-
 нин 204
 5-Гидроксииндолуксусная кислота 19
 5-Гидрокси-1Н-индол-3-уксусная
 кислота 19
 β -(4-Гидрокси-3-иодофенил)аланин 25
 О-(4-Гидрокси-3-иодофенил)-3,5-ди-
 иодо-L-тирозин 33
 3-Гидрокси- β -каротин 197
 3-Гидроксикинурунин 19
 Гидроксикобаламин, щелочной раствор
 102
 17-Гидроксикортикостерон 168
 Гидроксиламин 266, 384, 403, 406
 - щелочной раствор 406
 Гидроксиламингидрохлорид 253
 Гидроксилапатит 463
 5-Гидроксилизин 19
 5-Гидрокси-L-лизин 19
 алло-5-Гидрокси-L лизин 19
 трео-5-Гидрокси L_s-лизин 19
 эритро-5-Гидрокси L_s-лизин 19
 δ -Гидроксилизин 19
 Гидроксималеиновая кислота 53
 3-Гидроксимасляная кислота 41
 - - соль Na 41
 β Гидроксимасляная кислота 41
 п-Гидроксимеркурибензойная кислота,
 Na-соль 266, 453
 4-[1-Гидрокси-2-(метиламино)этил]
 1,2 бенздиол 12
 17 β -Гидрокси-1 β -метил-5 α -андростен
 1-он-3 161
 17 β -Гидрокси-1 β -метил-5 α андрост
 1-ен-3-он 161
 17 β -Гидрокси-7 α -метиландростен
 5-он-3 262
 6-(4-Гидрокси-3 метил) *транс*-бутен
 2-иламинопурин 204
 6-(4-Гидрокси-3 метил *транс* бутен
 2-иламино)-9- β -D-рибофуранозил
 пурин 204
 3-Гидрокси 3-метилглутаровая
 кислота 41
 β -Гидрокси- β -метилглутаровая
 кислота 41
 5 Гидроксиметил-2'-дезоксисуридин 95
 5 Гидроксиметил-2' дезоксисуридин-
 5'-фосфат 95
 5-Гидроксиметилдезоксцитидин 75
 5-Гидроксиметил 2'-дезоксцитидин 97
 5'-Гидроксиметил-2' дезоксцити-
 дин-3'-фосфат 75
 5 Гидроксиметил-2'-дезоксцитидин-
 5'-фосфат 75, 97
 3-Гидрокси-8-метилдекановая кислота
 249
 5(4)-Гидроксиметилимидазол 352

- 17-Гидрокси-6 α -метилпрегнен-4-дион-3,20 166
- 5-Гидроксиметилурацил 95
- 5-Гидроксиметилцитозин 76, 97
- 5-Гидроксиметилцитозиндезоксирибозид 75
- 5-Гидроксиметилцитозиндезоксирибозо-3'-фосфат 75
- 5-Гидроксиметилцитозин-2'-дезоксирибозо-5'-фосфат 75
- 17 β -Гидрокси-17 α -метилэстра-4,9,11-триен-3-он 172
- Гидроксимочевина 215
- N-Гидроксимочевина 215
- 1-(1-Гидрокси-2-нафтилазо)-2-гидрокси-5-нитронафталин-4-сульфоновая кислота 339
- 2-Гидрокси-5-нитробензилбромид 321
- эритро*-9-(2-Гидрокси-3-нонил)аденин 219
- 17 β -Гидрокси-19-нор-17 α -прегнен-4-ин-20-он-3 167
- 3 β -Гидрокси-20-оксопрегнен-5-карбонитрил-16 α 172
- 3 β -Гидрокси-20-оксо-5-прегнен-16 α -карбонитрил 172
- 2-Гидрокси-3-оксопропановая кислота 51
- 3-Гидрокси-2-оксопропионовая кислота 42
- 15(S)-Гидрокси-9-оксо-10,13-*транс*-простадиеновая кислота 290
- 15(S)-Гидрокси-9-оксо-5-*цис*,10,13-*транс*-простатриеновая кислота 290
- 2-Гидроксиоктадекановая кислота 143
- 10-Гидроксиоктадекановая кислота 144
- 12-Гидрокси-*цис*-9-октадеценная кислота 150
- Гидроксипировиноградная кислота 42
- - соль Li 42
- 4-Гидрокси-2-пирролидинкарбоновая кислота 20
- 17-Гидроксипрегнен-4-дион-3,20 164
- 17-Гидроксипрегн-4-ен-3,20-дион 164
- 3 β -Гидрокси-5-прегнен-20-он 165
- 20 α -Гидрокси-4-прегнен-3-он 164
- 20 β -Гидроксипрегнен-4-он 3 165
- 20 β -Гидрокси-4-прегнен-3-он 165
- 17 α -Гидроксипрогестерон 164
- ацетат 164
- капроат 164
- 20 α -Гидроксипрогестерон 164
- 20 β -Гидроксипрогестерон 165
- 21-Гидроксипрогестерон 168
- Гидроксипролин 353, 389, 394
- 4-Гидроксипролин 20
- 4-Гидрокси-L-пролин 20
- алло*-4-Гидрокси-L-пролин 20
- транс*-4-Гидрокси-L-пролин 20
- трео*-4-Гидрокси-L_s-пролин 20
- цис*-4-Гидрокси-L-пролин 20
- эритро*-4-Гидрокси-L_s-пролин 20
- 1-Гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота 44
- 2-Гидроксипропан-1,2,3-трикарбоновая кислота 46
- 2-Гидроксипропионовая кислота 47
- 6-Гидроксипурин 76
- 2-Гидроксистеариновая кислота 143
- 10-Гидроксистеариновая кислота 144
- α -Гидроксистеариновая кислота 143
- N-Гидроксисукцинимид 447
- 3-Гидрокситирамин 24
- 3-Гидрокси-L-тирозин 23
- 5-(1-Гидрокси-2,6,6-триметил-4 оксоциклогексен-2-ил-1) 3-метилпентадиен-2,4-овая кислота 201
- 5-Гидрокситриптамиин 20, 451
- гидрат креатинсульфата 20
- DL-5-Гидрокситриптофан 20
- Гидроксинукусная кислота 42
- 5-Гидроксиурацил 95
- Гидроксифенилазонафтилцеллюлоза 436

- 3-(4-Гидроксифенил)аланин 32
 N-(*n*-Гидроксифенил)-2,6-дихлор-*n*-бензохиноимин 294
n-Гидроксифенилмолочная кислота 42, 50
n-Гидроксифенилпировиноградная кислота 42
 4-Гидроксифеизтиламин 32
 Гидроксиферрипротопорфирин 188
 1-Гидрокси-3-(фосфоноокси)пропанон-2 61
 Гидроксифумаровая кислота 53
 4-Гидроксихинальдиновая кислота 26
 8-Гидроксихинолин 336, 393
 4-Гидроксихинолин-2-карбоновая кислота 26
 8-Гидроксихинолин-5-сульфовая кислота 336
 3 α -Гидроксихолановая кислота 173
 25-Гидроксихолекальциферол 102
 17 β -Гидроксиэстрен-4-он-3 162
 17 β -Гидроксиэстр-4-ен-3-он 162
 Гидроксиэтаналь 42
 Гидроксиэтановая кислота 42
 α -Гидроксиэтил-ТРР 102
 2-Гидроксиэтиламин 37
 N-(2'-Гидроксиэтил)иминодиуксусная кислота 336
 N-2-Гидроксиэтилпиперазин-N'-3-пропансульфовая кислота 352, 364
 N-2-Гидроксиэтилпиперазин-N'-этансульфовая кислота 363
 N-2-Гидроксиэтилпиперазин-N'-2-этансульфовая кислота 352
 α -Гидроксиэтил-2-тиаминпирофосфат 102
 Гидроксиэтилтиаминпирофосфат 102
 (2-Гидроксиэтил)триметиламмонийгидроксид 35
 N-(2-Гидроксиэтил)-N,N,N-триметиламмонийгидроксид 35
 Гидроксиянтарная кислота 54
 Гидросульфит натрия 298
 Гидрохинон 294
 Гидрохинон- β -D-глюкозид 308
 DL-Гиосциамин 283
 Гиперин 382
 Гипертензин 15
 Гипоксантии 76, 91, 343
 Гипоксантинрибозид 76
 Гипоксантиирибозил-5'-дифосфат 76
 Гипоксантинрибозилтрифосфат 76
 Гипоксантинрибозил-5'-фосфат 77
 Гипотаурин 20
 Гипохлорит натрия 384
 Гиппурил-L-аргинин 305
 Гиппурил-L-фенилаланин 305
 Гиппуровая кислота 21
 Гистамин 21, 341
 Гистидин 21, 341, 352, 389, 392
 Гистидинолдигидрохлорид 21
 L-Гистидиолфосфат 58
 Гликогеновая кислота 129
 Гликодезоксихолат 172
 Гликокол 21
 Гликолевая кислота 42
 Гликолейцин 30
 N-Гликолилнейраминовая кислота 127
 Гликоль 54
 Гликольальдегид 42
 Гликофингозиды 155
 Гликохолевая кислота 172
 Гликоциамин 21
 Глиоксалин 269, 360
 Глиоксаль 42, 378
 Глиоксиловая кислота 42
 - - соль Na 43
 Глифозат 202
 Глифозин 202
 Глицеральдегид 43
 D-Глицеральдегид-3-фосфат 58
 Глицерилтриацетат 315
 Глицерилтрибутират 315
 1-(α -Глицерилфосфорил)-L-миоинозит 58

- Глицерин 43
 - цитидинфосфатное производное 43
 CDP-Глицерин 43
 Глицериновая кислота 43
 - - соль Са 43
 D-Глицериновая кислота-1,3-дифосфат 61
 D-Глицериновая кислота-2,3-дифосфат 61
 D-Глицеринового альдегида 3-фосфат 58
 α Глицериновые эфиры 144
 Глицериновый альдегид 43
 Глицерин-2-фосфорная кислота 352
 (D-Глицероилфосфат)-3-фосфат 61
 Глицеринозитфосфат 58
 Глицеролфосфат 313
 Глицерол-2-фосфат 58
 D-Глицерол-1-фосфат 58
 L-Глицерол-3-фосфат 58
sn-Глицерол-3-фосфат 58
 Глицеронфосфат 61
 1-(*sn*-Глицерофосфо)-L-миоинозит 58
 Глицерофосфорилинозит 58
 Глицерофосфорилсерин 58
 L- α -Глицерофосфорилхолин 59
 L- α -Глицерофосфорилэтаноламин 59
 α -Глицерофосфорная кислота 58
 β -Глицерофосфорная кислота 58
 Глицерофосфосерин 149
sn-Глицерофосфосерин 58
 Глицерофосфохолин 149
sn-Глицерофосфохолин 59
 Глицерофосфозаноламин 149
sn-Глицерофосфозаноламин 59
 Глицерохлинфосфат 59
 Глицилглицилглицин 305
 Глицилглицин 305, 341, 352, 353
 Глицил-L-пролин 306
 Глицил-L-тирозинамидацетат 306
 Глицил-L-фенилаланинамидацетат 306
 Глицин 21, 341, 352, 353, 354, 366,
 369, 389, 393
 Глицибетаин 17
 L- γ -Глутамил-L-цистеинилглицин 22
 Глутамин 389
 L-Глутамин 22
 Глутаминовая кислота 21, 341, 389
 Глутаровая кислота 44
 Глутаровый альдегид 322
 Глутатион 319
 L-Глутатион восстановленный 22
 - окисленный 22
 D-Глюкаровая кислота 129
 D-Глюкаролактон-1,4 275
 D-2-Глюкодеоза 134
 Глюкоза 396
 ADP-Глюкоза 140
 D-Глюкоза 129
 (d)TDP-Глюкоза 140
 GDP-Глюкоза 140
 UDP-Глюкоза 139, 140
 UDP- α D-Глюкоза 139
 D Глюкозамин 129
 D-Глюкозамин-6-фосфат 59
 Глюкозо-1,6-бифосфат 59
 Глюкозо-1,6-дифосфат 59
 D-Глюкозоновая кислота 130
 Глюкозо-1-фосфат 343
 α -D-Глюкозо-1-фосфат 59, 140
 Глюкозо-6-фосфат 343
 D-Глюкозо-6-фосфат 60
 Глюкозо-1,2-циклофосфат 139, 140
 D-Глюкометилоза 134
 Глюконовая кислота 342
 D-Глюконовая кислота 129
 D-Глюконовая кислота 6-фосфат 67
 6-O- α D-Глюкопиранозил D-глюкоза 136
 4-O- α -D-Глюкопиранозил-D-глюкопира
 ноза 137
 4-O- β -D-Глюкопиранозил D-глюкопира
 ноза 138
 6-O- β -D Глюкопиранозил D-глюкопира
 ноза 135

- 1-О- α -D-Глюкопиранозил- α -D-глюкопиранозид 138
- 1-О- α -D-Глюкопиранозил- β -D-фруктофуранозид 138
- Глюкуроновая кислота 396
- D-Глюкуроновая кислота 130
- UDP-Глюкуроновая кислота 140, 141, 451
- Глюкуроновая кислота-1-фосфат 141
- Глюцит 133
- D-Глюцитол 133
- Гомоаргинин 328
- Гомогентизиновая кислота 44
- Гомопрولين 30
- Гомосерин 22
- L-Гомосеринфосфат 60
- Гомоцистеин 22
- Гомоцистин 23
- Горнелла, Бардавилла и Дэвида* методика 465
- Горчиный газ 216
- Госсипол 254
- Грамицидин А 248
- Грамицидин В 248
- Грамицидин С 248
- Грамицидин S 248
- Грамицидины линейные 248
- Грей 454
- Гуаназол 210
- Гуанидин·HCl 239
- δ -Гуанидинвалериановая кислота 266
- Гуанидингидрохлорид 266
- Гуанидиния хлорид 266
- Гуанидины 393
- Гуанидоуксусная кислота 21
- 1-Гуанил-3,5-диметилпиразол 328
- Гуанилилимидодифосфат 216
- Гуанилил(β , γ -метилен)дифосфоат 216
- 2'-Гуаниловая кислота 78
- 3'-Гуаниловая кислота 79
- 5'-Гуаниловая кислота 79
- N¹-Гуанилсульфаниламид 275
- Гуанин 77, 91
- Гуаниидезоксирибоза-5'-трифосфат 80
- Гуаниидезоксирибозид 80
- Гуаниидезоксирибозо-3'-фосфат 80
- Гуаниидезоксирибозо-5'-фосфат 80
- Гуанозин 77, 92, 343
- Гуанозин-5'-дифосфат 78, 92
- Гуанозин-5'-дифосфат-3' дифосфат 78
- Гуанозин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза 140
- Гуанозин-5'-дифосфо- α -D-маннопираноза 140
- Гуанозин-5'-дифосфо- β -L-фруктоза 140
- Гуанозин-5'-(β , γ -имидо)трифосфат 216
- Гуанозин-5'-(β , γ -метилен)трифосфат 216
- Гуанозинтетрафосфат 78
- Гуанозин-5'-O-(3-тиотрифосфат) 216
- Гуанозии-5'-трифосфат 78, 92
- Гуанозин-5'-трифосфат-3' дифосфат 78
- Гуанозин-2'-фосфат 78
- Гуанозин-3'-фосфат 79, 92
- Гуанозин-5'-фосфат 79, 92
- Гуанозин-2',3'-циклофосфат 79
- Гуанозин-3',5'-циклофосфат 79
- дибутирильное производное 79
- γ -ГХЦГ 265
- Даминозид 201
- Даназол 171
- "Дансил"-аминокислоты 394
- Дансилхлорид 322
- Датуровая кислота 143
- Дауномицин 217
- Даунорубин 217
- Дауэкс 428-430
- ДБМИБ 254
- ДФК 105
- Дегидроандростерон 160
- транс-Дегидроандростерон 160
- Дегидроаскорбиновая кислота 103, 130
- Дегидро-L-аскорбиновая кислота 103

- Дегидробилирубин 179
 Дегидроизоандростерон 160
 3-Дегидроретиналь, полный
 транс-изомер 103
 3-Дегидроретинальдегид 103
 3-Дегидроретинол, полный
 транс-изомер 103
 6-Дегидротестостерон 262
 7-Дегидрохолестерин 103
 Дегидроэпиандростерон 160
 3'-Дезоксиадениловая кислота 75
 5'-Дезоксиадениловая кислота 75
 5'-Дезоксиаденозилкобаламиин 106
 2'-Дезоксиаденозин 74, 90
 3'-Дезоксиаденозин 219
 S-(5'-Дезоксиаденозин-5')гомоцитин 11
 S-(5'-Дезоксиаденозин-5')метионин 12
 2'-Дезоксиаденозин-5'-трифосфат 74, 90
 2'-Дезоксиаденозин-3'-фосфат 75, 90
 2'-Дезоксиаденозин-5'-фосфат 75, 90
 2-Дезокси-D-арабиногексоза 134
 6-Дезокси-D-галактоза 134
 6-Дезокси-L-галактоза 134
 Дезоксиглюкоза 396
 2-Дезокси-D-глюкоза 134
 6-Дезокси-D-глюкоза 134
 3'-Дезоксигуаниловая кислота 80
 5'-Дезоксигуаниловая кислота 80
 2'-Дезоксигуанозин 80, 92
 2'-Дезоксигуанозин-5'-трифосфат 80, 92
 2'-Дезоксигуанозин-3'-фосфат 80, 92
 2'-Дезоксигуанозин-5'-фосфат 80, 93
 2'-Дезоксиинозин-5'-трифосфат 91
 2'-Дезоксиинозин-5'-фосфат 91
 3-Дезокси-2-кето-7-фосфо-D-арабино-
 гептулозоновая кислота 61
 Дезоксикортикостерон 168
 6-Дезокси-L-манноза 134
 2-Дезокси-D-эритро-пентоза 125
 2-Дезокси-D-эритро-пентозо-1-фосфат 60
 2-Дезокси-D-эритро-пентозо-5 фосфат 60
 4-Дезоксипиридоксин 267
 2-Дезокси-D-рибоза 125
 Дезоксирибоза 396
 2-Дезоксирибозо-1-фосфат 60
 2-Дезоксирибозо-5-фосфат 60
 9-β-D-2'-Дезоксирибофуранозиладенин 74
 9-β-D-2'-Дезоксирибофуранозилгуанин 80
 3-β-D-2'-Дезоксирибофуранозил-5-ме-
 тилцитозин 81
 3-β-D-2'-Дезоксирибофуранозилтимин 82
 3-β-D-2'-Дезоксирибофуранозилцито-
 зин 85
 2'-Дезокситимидин 82, 94
 2'-Дезокситимидин-5'-трифосфат 83, 94
 2'-Дезокситимидин-3'-фосфат 83, 94
 2'-Дезокситимидин-5'-фосфат 83, 94
 2'-Дезоксиуридин 95
 2'-Дезоксиуридин-5'-трифосфат 95
 2'-Дезоксиуридин-5'-фосфат 95
 3-Дезокси-7-фосфо-D-арабиногептуло-
 зоновая кислота 61
 3-Дезокси-6-фосфо-2-D-эритро-гексу-
 лозоновая кислота 62
 Дезоксихолевая кислота 173, 452
 - - Na-соль 234
 3'-Дезоксицитидиловая кислота 85
 2'-Дезоксицитидин 85, 97
 2'-Дезоксицитидин-5'-трифосфат 85, 97
 2'-Дезоксицитидин-3'-фосфат 85, 97
 2'-Дезоксицитидин-5'-фосфат 85, 97
 Дезтиобiotин 267
 Дезферриоксамин В 267
 Дезферриоксаминмезилат 267
 Дейтерогемохром 177
 Дейтеропорфирин 9 182
 Декаметиленбис(триметиламмоний)бро-
 мид 286
 Декаметоний 286
 и Декановая кислота 145
 - - метиловый эфир 157

- Дексаметазон 169
 Дексамфетамин 282
 Декстроза 129
 Декстроновая кислота 129
 Дефероксамин 267
 О-Диазоацетил-L-серин 210
 Диазобензолсульфокислота 323
 1,2-Диазол 272
 1,3-Диазол 269
 Диазоний-1Н-тетразол 323
 6-Диазо-5-оксо-L-норлейцин 217
 Диазотирования реакция 416, 423
 Диазоурацил 401
 1,8-Диамино-4-азаоктан 32
 3,6-Диаминоакридин 222
 1,4-Диаминобензол 304
 1,4-Диаминобутан 31
 2,4-Диаминобутановая кислота 23
 2,6-Диаминогексановая кислота 28
 2,6-Диаминогептандиовая кислота 23
 α, ϵ -Диаминогептановая кислота 228
 2,6-Диамино-5-гидроксигексановая кислота 19
 $\alpha, 2$ -Диамино-3-гидрокси- γ -оксобензол-бутановая кислота 19
 1,12-Диамино-4,9-диазадодекан 32
 2,2'-Диаминодиэтилдисульфид 35
 Диаминодурол 294
 2,4-Диаминомасляная кислота 23, 249
 $\alpha, 2$ -Диамино- γ -оксобензолбутановая кислота 26
 1,5-Диаминопентан 25
 2,5-Диаминопентановая кислота 30
 Диаминопимелиновая кислота 23
 2,6-Диаминопурин 217
 2,4-Диамино-5-*n*-хлорофенил-6-этил-пиримидин 222
транс-1,2-Диаминоциклогексантетрауксусная кислота 337
 1,2-Диаминоэтан 339
 2,7-Диамино-10-этил-9-фенилфенантридинийбромид 226
 Диамокс 264
 о-Дианизидин диазотированный 423
 Дианизолбисдифенилтетразолия хлорид 417
 Дианмицин 249
 Диатризоевая кислота, 1-дезоксид 1 (метиламино)-D-глюцитовая (метилглюкаминная) соль 471
 - - Na-соль 471
 Диацетил 44, 321, 393
 Диацетилморфин 287
 N,N'-Диацетилхитобиоза 136
 1,2-Диацил-*sn*-глицерин 145
 Диацилглицерин 145
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфат 154
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-1'-*sn*-глицерин 152
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-1-миоинозит 152
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-1-миоинозит-4,5-дифосфат 151
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-О-серин 153
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-О-этаноламин 154
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфорил-L-1-миоинозит-4-фосфат 145
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохолин 153
 1,1'-Дибензил 4,4'-диниридилдихлорид 293
 Дибензилин 291
 Дибенилин 291
 2,5-Дибромо-3-метил-6-изопропил-*n*-бензохинон 254
 Дибромотимохинон 254
 2,6-Дибромохинон-4-хлоронмид 381, 409
 3,5-Ди-*трет* бутил-4-гидроксibenзиленмалонитрил 255
 Ди-*трет* бутил-4-гидрокситолуол 459

- Дибутиральное производное сАМР 74
 N^6, O^2 -Дибутуриладенозин-3',5'-цикло-
 фосфат 74
 N^2-2' -О-Дибутурилгуанозин-3',5'-ци-
 клофосфат 79
 Дигалактозилглицерин 143
 Дигалактозилдиглицерид 143
 Дигидрогиднокарповой кислоты
 метиловый эфир 157
 3,7-Дигидро-1,3-диметил-1Н-пурин-
 дион-2,6 276
 3,7-Дигидро-1,3-диметил-1Н-пуридин-
 она-2,6 соединение с 1,2-диамино-
 этанолом 264
 Дигидродифосфопиридиннуклеотид 104
 Дигидрокاتهол 332
эритро-1,3-Дигидрокси-2-аминоокта-
 декан 144
транс-D-*эритро*-1,3-Дигидрокси-2-
 аминооктадецен-4 151
 Дигидроксиацетон 44
 Дигидроксиацетонфосфат 61
 N-2-Дигидроксибензамид 253
 3,4-Дигидроксибензойная кислота 50
 1,2-Дигидроксибензол 45
 4,5-Дигидроксибензол-1,3-дисульфо-
 кислота 337
 L_g -*трео*-Дигидроксибутандиовая
 кислота 40
эритро-Дигидроксибутандиовая
 кислота 40
 1,25-Дигидроксивитамин D_3 171
 1 α ,25-Дигидроксивитамин D_3 104
 11 β ,21-Дигидрокси-3,20-диоксопрег-
 иен-4-аль-18 167
трео-2,3-Дигидрокси-1,4-димеркапто-
 бутан 317
эритро-2,3-Дигидрокси-1,4-димеркап-
 тобутан 317
 D(+)-N-(α, γ -Дигидрокси- β, β -диметил-
 бутирил)- β -аланин 111
транс-4,4'-Дигидрокси- α, β -диэтил-
 стильбен 163, 256
 3,3'-Дигидрокси- α -каротин 197
 3,3'-Дигидрокси- β -каротин 197
 Ди-(4-гидроксикумаринил-3)метан
 254, 284
 3,5-Дигидрокси-3-метилпентановая
 кислота 47
 1,8-Дигидроксинафталин-3,6-дисульфо-
 кислота 337
 11 α -15(S)-Дигидрокси-9-оксо-13-
транс-простеновая кислота 289
 11 α -15(S)-Дигидрокси-9-оксо-
 5-*цис*,13-*транс*-простадиеновая
 кислота 289
 2,4-Дигидроксипиримидин 84
 17 α ,21-Дигидрокси-1,4-прегнадиен
 3,11,20-трион 170
 2,3-Дигидроксипропаналь 43
 1,3-Дигидроксипропанон 44
 1,3-Дигидроксипропанонфосфат 61
 6-(L-*эритро*-1,2-Дигидроксипро-
 пил)птерин 101
 2,3-Дигидроксипропионовая кислота 43
 3,6-Дигидроксипсевдокумол 301
 1,4-Дигидрокси-2,3,5-триметилбензол
 301
 DL-3,4-Дигидроксифенилаланин 23
 L-3,4-Дигидроксифенилаланин 23
 3-(3,4-Дигидроксифенил)-L-аланин 23
 1-(3,4-Дигидроксифенил)-2-амино-
 этанол 29
транс-3,4-Ди(*n*-гидроксифенил)гек-
 сен-3 256
 1-(3,4-Дигидроксифенил)-2-метилами-
 нозтанол 12
 2,5-Дигидроксифенилуксусная кислота 44
 3,4-Дигидроксифенэтиламин 24
 3 α ,7 α -Дигидроксихолановая кислота 173
 3 α ,12 α -Дигидроксихолановая кислота 173
 1,25-Дигидроксиголекальциферол 171

- 1 α ,25-Дигидроксисхолекальциферол 104
 Дигидроксиэстратриен 163
 Дигидроксиэстрин 163
 2,3 Дигидроксиянтарная кислота 40
 Дигидроникотинамидадениндинуклеотид 104
 – – Na₂-соль 104
 Дигидроникотинамидадениндинуклеотид-фосфат 104
 – – Na₄ соль 105
 1,2-Дигидро 3,6-пиридазиндион 205
 20 α -Дигидропрогестерон 164
 20 β -Дигидропрогестерон 165
 Дигидроптероилглутаминовая кислота 105
 7,8-Дигидроптероилглутаминовая кислота 105
 22-Дигидростигмастерин 150
 Дигидросфингозин 144, 155
 Дигидротеелин 163
 алло-Дигидротестостерон 160
 5 α Дигидротестостерон 160
 Дигидротрифосфопиридиннуклеотид 104
 5,6 Дигидроуридин 95
 Дигидрофолиевая кислота 105
 Дигидрохаульмугровой кислоты метиловый эфир 158
 Дигидрохолестерин 144
 Дигидро- β -эритроидин 284
 - гидробромид 284
 Дигитонин 171
 Диглицерид 145
 CDP-Диглицерид 155
 Диглицилглицин 305
 Диглицин 305
 3,4-Дидегидроретиналь 103
 3,4-Дидегидроретинол 103
 2',3'-Дидезокснаденозин-5' трифосфат 218
 2',3'-Дидезоксигуанозин 5' трифосфат 218
 2',3'-Дидезоксирибонуклеозид 5' -трифосфаты 218
 2',3'-Дидезокситимидин-5'-трифосфат 218
 2',3'-Дидезоксицитидин-5'-трифосфат 218
 ди-(*n*-Диметиланилин)метан 403
 Дигрогестерон 166
 Диенэстрол 163
 (*n*-Диизобутилкресолоксиэтоксигидроксид)диметилбензиламмония гидроксид 460
 Диизопропилфторофосфат 267
 Диизопропилфторофосфонат 267
 4,4'-Диизотиоциано-2,2'-стильбен дисульфонат 242
 3,5-Диiodo 4-гидроксифенилаланин 24
 3,5-Диiodотирозин 24
 Дикват 203
 2,3-Дикето-L-гулоновая кислота 130
 – – γ -лактон 130
 2,5-Дикетотетрагидрофуран 333
 Дикумарин 254, 284
 Дикумарол 254, 284
 Димеркапрол 316, 337
 2,3-Димеркаптопропанол-1 316, 337
 N⁶,N⁶-Диметиладенин 89
 N⁶,N⁶ Диметиладенозин 90
 Диметиладипимидат 320
 N⁶-(γ , γ -Диметилаллил)аденин 204
 Диметилаллилдифосфат 61
 Диметилаллилпирофосфат 61
 2,5(4) Диметиламидазол 353
 Диметиламин 24, 353
n Диметиламинобензальдегид 386, 403, 404, 409, 412, 421
n Диметиламинокоричный альдегид 386
 N,N-Диметиламинометан 33
 N,N-Диметиламинометана N оксид 33
 5-Диметиламинафталин 1-сульфонил хлорид 322

- 10-(γ -Диметиламинопропил)-2-хлоро-
фенотиазингидрохлорид 292
- m*-Диметиламинофенилметилкарбамат-
гидрохлорид 268
- N,N-Диметил-2-амино-этанол 268
- 1-(*n*- β -Диметиламиноэтоксифенил)-
транс-1,2-дифенилбутен-1 263
- α -(5,6-Диметилбензимидазол)-5'-де-
зоксиаденозилкобамид 106
- α -(5,6-Диметилбензимидазолил)гид-
роксикобамид 102
- α -(5,6-Диметилбензимидазолил)коб-
амидный кофермент 106
- α -(5,6-Диметилбензимидазолил)метил-
кобамид 109
- α -(5,6-Диметилбензимидазолил)циано-
кобамид 121
- 2,5-Диметилбензохинон 294
- 2,6-Диметилбензохинон 294
- 2,2-Диметилгидразид янтарной
кислоты 201
- 2,4-Диметил-3-гидрокси-5-гидрокси-
метилпиридин 267
- Диметил-2-гидроксиэтиламин 268
- Диметилглиоксаль 44, 321
- Диметилглиоксим 336, 380
- β , β' -Диметилглутаровая кислота 352,
356
- N²,N²-Диметилгуанин 91
- N²,N²-Диметилгуанозин 93
- 26-Диметил-28-дезоксиполимицин В 257
- Диметилдикетон 321
- 1,1'-Диметил-4,4'-дипиридилийдихло-
рид 297
- 1,1'-Диметил-4,4'-дипиридилий-ион 297
- Диметил-3,3'-дитиобиспропионимидат 320
- N,N-Диметилдодециламино-N-оксид 236
- Диметилкетон 39
- 1,3-Диметилксантин 276
- Диметилмалонимидат 320
- Диметил- α -нафтиламин 385
- 17 α ,21-Диметил-19-норпрегна-4,9-ди-
ен-3,20-дион 172
- 17 α ,21-Диметил-19-норпрегнадиен-4,9-
дион-3,20 172
- транс*-3,7-Диметилоктадиен-2,6-ил 1-
дифосфат 57
- N¹-(4,6-Диметил-2-пиримидилсульфа-
ниламид) 275
- Диметилсуберимидат 320
- 5,8-Диметилтокол 117
- 7,8-Диметилтокол 117
- Диметил-*n*-фенилендиамин 423
- α , α -Диметилхолинхлорид 268
- Диметил-L-цистин 36
- Диметилэтаноламин 268
- 3,3'-(3,3'-Диметокси-4,4'-дифенил-
лен)-бис(2,5-дифенил-2Н-тетра-
золийхлорид) 301
- 3,3'-(3,3'-Диметокси-4,4'-дифенил-
лен)-бис[2-(*n*-нитрофенил)-5-фе-
нил-2Н-тетразолийхлорид] 300
- Димышьяктриоксид 256
- Динактин 249
- Динитробензойная кислота 399
- m*-Динитробензол, щелочной раствор 414
- 2,4-Динитро-1-нафтол-7-сульфоновая
кислота 278
- 3,5-Динитросалицилат 381
- Динитросалициловая кислота 399
- 2,4-Динитрофенилгидразин 381, 401,
407, 414
- 2,4-Динитрофенол 254
- 2,4-Динитрофторобензол 323
- 2,3-Диоксобутан 321
- 2,3-Диоксо-L-гулоновая кислота 130
- 2,6-Диоксопурин 77
- 2,5-Диоксотетрагидрофуран 333
- 1,2-Диоксоциклогексан 332
- Диоктилсульфосукцинат натрия 234
- Диосгенин 236
- Диосгенинбис- α -L-рамнопиранозил

- (1→3,1→4)-β-D-глюкопиранозид 236
- Диосцин 236
- Дипиколиновая кислота 24
- α,α'-Дипиколиновая кислота 24
- 2,2'-Дипиридил 337, 423
- α,α'-Дипиридил 255
- Дипиридилферрохлорид 423
- n-(Дипропилсульфамид)бензойная кислота 288
- Дистамицин А 218
- 3,6-Дисульфо-1,8-дигидроксинафталин 337
- Дитеофиллинэтилендиамин 264
- Дитизон 337
- 4,4'-Дитиобис(2-аминобутановая кислота) 23
- 3,3'-Дитиобис(2-аминопропионовая кислота) 36
- 5,5'-Дитиобис(2-нитробензойная кислота) 323
- Дитиобис(сукцинимидилпропионат) 324
- 2,2'-Дитиобис(этиламин) 35
- 1,2-Дитиоглицерин 316
- Дитиол 338
- 1,2-Дитиолан-3-пентановая кислота 107
- Дитионит натрия 298
- Дитиооксамид 337
- 6,8-Дитиооктановая кислота 107
- 1,4-Дитиотреитол 317
- Дитиошавелевой кислоты диамид 337
- 1,4-Дитиоэритритол 317
- Диурон 255
- Дифениламин 397, 398, 400, 401, 467
- Дифениламинный метод 467
- Дифениламинный реагент 467
- Дифенилгидрамин 285
- Дифенилкарбамид 203
- 1,3-Дифенилмочевина 203
- N,N'-Дифенилмочевина 203
- 2,5-Дифениллоксазол 459
- 2,5-Дифенил-3-n-стирилфенилтетразолийхлорид 401
- Дифенилтиокарбазон 337
- 4,7-Дифенил-1,10-фенантролин 423
- 1,4-Ди[2-(5-феноксазолил)]бензол 459
- Диформил 42
- 2:4-Диформилдейтерогемохром 177
- Дифосфатидилглицерин 146
- 1,3-Дифосфоглицериновая кислота 61
- 2,3-Дифосфоглицериновая кислота 61
- Дифосфоинозитид 145
- Дифосфомевалоновая кислота 61
- 5-Дифосфомевалоновая кислота 61
- Дифосфопиридиннуклеотид 110
- Дифосфотиамин 116
- 2,4-Дихлоробензилтрибутилфосфоний-хлорид 207
- 2,6-Дихлориндофенол 294
- 3-(3,4-Дихлорофенил)-1,1-диметилмочевина 255
- 2,4-Дихлорофеноксиуксусная кислота 203
- 2,6-Дихлорофенолиндофенол 426
- Na-соль 294
- Дихлорофлуоресцеин 406
- 2,6-Дихлорохинонхлороимид 424
- 1,1-Дихлоро-2-(o-хлорофенил)-2-(n-хлорофенил)этан 262
- Ди-β-хлорэтилсульфид 216
- 4-(2,4-Дихлорофенокси)масляная кислота 204
- N,N'-Дициклогексилкарбодиимид 255
- Дицистеин 36
- Дише реакция 413
- ДИЭКК 268
- 5,6,5',6'-Диэпоксизеаксантин 198
- 5,8,5',8'-Диэпоксизеаксантин 198
- Диэтаноламин 353, 369
- Диэтиламин 353
- 3-(Диэтиламино)-7-амино-5-фенил-феназинийхлорид 295

- 7-Диэтиламино-3-имино-8-метил-3Н-феноксазингидрохлорид 293
- 2-Диэтиламиноэтил-2-дифенилпропил-ацетат 268
- 1-[*n*-(2-Диэтиламиноэтоксифенил)-1-(*n*-толил)-2-(*n*-хлорофенил)этанол 263
- 1-[*n*-(2-Диэтиламиноэтоксифенил)-1-фенил-2-(*n*-метоксифенил)этанол 262
- Диэтилбарбитурат натрия 370
- 5,5-Диэтилбарбитурат натрия 362
- Диэтилбарбитуровая кислота 352, 369, 370
- 5,5-Диэтилбарбитуровая кислота 283
- Диэтилдикарбонат 268, 324
- Диэтилдитиокарбамат натрия 338
- Диэтилдитиокарбаминовая кислота, Na-соль 268
- Диэтилентриаминопентауксусная кислота 338
- 4,4'-(Диэтилиденэтилен)дифенол 163
- 5,5-Диэтилмалонилмочевина, Na-соль 283
- Диэтилникотинамид 424
- Диэтилпиокарбонат 268, 324
- Диэтилсафранин 295
- Диэтилстильбэстрол 163, 256
- N',N'-Диэтилсульфаниламид диазотированный 405
- ДМА 320
- ДМБХ 294
- ДМХ 294
- Ca(ДНК) 344
- Mg(ДНК) 344
- Mn(ДНК) 344
- ДНК 344, 377, 378
- определение 467
- ДНС 322
- ДНС-аминокислоты 322
- ДНС-пролин 322
- ДНС-серин 322
- ДНФ-аминокислоты 394
- ДНФБ 323
- Додекамолибденовофосфорная кислота 419
- n*-Додекановая кислота 146
- - метиловый эфир 157
- Додецилсульфат натрия 234
- n*-Докозановая кислота 142
- 13-Докозеновая кислота 156
- Долихол 105
- Долихолфосфат 62
- Допамин 24
- Дорил 25
- Дормин 201
- ДОФА 23
- Драгендорфа реактив 383, 407
- Древесный спирт 47
- ДСН 234
- ДТБП 320
- ДТНБ 317, 323
- ДТТ 317
- ДТЭ 317
- Дульцит 128, 396
- Дульцитол 128
- Дуолиты 428, 429, 431
- Дурохинои 295
- Дуфастон 166
- ДФИФ 294
- ДФФ 267
- ДХММ 253, 255
- ДХФИФ 294
- ДЦКД 255
- ДЭАЭ-биогель А 438
- ДЭАЭ-сефацел 435
- ДЭАЭ-сефадексы 438
- ДЭАЭ-сефароза CL-6В 438
- ДЭАЭ-целлюлоза 434
- ДЭПК 268
- Дюльбекко раствор 374
- 3-Еноилпирувилшикимат-5-фосфат 69
- Железа(III) соли 410

- Железа соль 426
 Железоаммонийсульфат 426
 Желчных кислот соли 234
 Жидкостной сцинтилляционный счет 457, 459
 Жирных кислот метиловые эфиры 157-158
 ЖСС 457
 К-Захват 457
 Зеаксантин 197
 Зеаксантол 197
 Зеатин 204
 Зоомариновая кислота 149
 Игепал СА 720 459
 L-Идуоновая кислота 130
 Изатин 390, 394
 Изоандростерон 161
 Изобонгкрековая кислота 243
 Изовалериановая кислота 44
 – – соли Са и Na 44
 Изовинная кислота 265
 Изогуанин 80
 Изолейцин 24, 389
 L-Изолейцин 24
 L-алло-Изолейцин 24
 прео-L_S-Изолейцин 24
 эритро-L_S-Изолейцин 24
 Изолимонная кислота 44
 – – соль KН₂ 45
 Изомальтоза 136
 Изомасляная кислота 45
 – – соли Са и Na 45
 Изониазид 269
 Изоникотинамид 425
 Изоникотиновая кислота 424
 – – гидразид 269
 1-Изоникотиноил-2-изопропилгидразин 270
 N⁶-(Изопентен-2-ил)аденин 204
 – гидроксипроизводное 204
 – 2-метилтиопроизводное 204
 (N⁶-Изопентен-2-ил)аденозин 204
 Изопентенилдифосфат 62
 Изопентенилпирофосфат 62
 Изопреналин 285
 Изопропилгидразин 269
 2-Изопропил-4-диметиламино-5-метил-
 фенил-1-пиперидинкарбоксилат-
 метилхлорид 201
 N-Изопропилнорадреналин 285
 2-Изопропилпентен-4-амид 282
 Изопропилтио-β-D-галактозид 308
 Изопропил-1-тио-β-D-галактопирано-
 зид 308
 Изопропил-N фенилкарбамат 260
 Изопропил-N-(3-хлорофенил)карбамат 260
 Изопропил-N-м-хлорофенилкарбамат 260
 Изопротеренол 285
 D-Изорамноза 134
 Изородеоза 134
 Изоцианат калия 325
 Изоэруковая кислота 156
 Изоянтарная кислота 47
 Имидазол 269, 341, 352, 360
 D-эритро-Имидазолглицерофосфат 62
 3-(1H-Имидазол-4-ил)пропен-2-овая
 кислота 34
 1H-Имидазол-4-этанамиин 21
 Иминазол 269
 Иминодиуксусная кислота 453
 N-Иминометилглутаминовая кислота 35
 2-Имино-1-метил-4-имидазолидинон 27
 Иминоуксусной кислоты этиловый эфир 333
 Ингибиторы протеаз (из микроорганиз-
 мов) 273
 Индерал 289
 Индол 25
 Индол-3-глицерофосфат 62
 3-Индолилмасляная кислота 204
 3-Индолилуксусная кислота 205

- Индолуксусная кислота 392
 Индолы 384
 Инозин 76, 91, 343
 Инозин-5'-дифосфат 76, 91
 5'-Инозиновая кислота 77
 Инозин-5'-трифосфат 76
 Инозин-3'(2')-фосфат 91
 Инозин-5'-фосфат 77, 91
 Инозит 105, 396, 425
мезо-Инозит 105
мио-Инозит 105
 Инозиттрифосфат 63
 Инозитфосфат 425
 1-*D*-*мио*-Инозит-1-фосфат 64
 Инсулин 285
 ИНТ 296
 Иод 383, 387, 391, 395, 397, 420
 – пары 406, 413
 Иодат калия 387, 406
 Иодирующие реагенты 324
 Иодоацетамид 269
м-Иодобензгидроксамовая кислота 253
 Иодоводородная кислота 420
 Иодогоргоновая кислота 24
 5-Иодо-2'-дезоксисуридин 218
 Иодонитротетразолийхлорид 296
 Иодоплатинат 383
 3-Иодотирозин 25
 Иодоуксусная кислота 269
 – – Na-соль 269
 2-*n*-Иодофенил-3-*n*-нитрофенил-5-фе-
 нил-2Н-тетразолийхлорид 296
n-Иодофенилсульфонилхлорид 325
 Ионофоры макротетралидные 249
 Ипразид 270
 Иприт 216
 Ириум 234
 Итаконовая кислота 45
 ИФК 260
 Кадаверин 25
 Какодилат натрия 358
 – – тригидрат 358
 Какодиловая кислота 352, 369
 Кальмодулин 288
 Кальцидиол 102
 Кальцийол 120
 Кальцитриол 104, 171
 Кальциферол 122
Каммерера порфирина 185
 Канаванин 227
 Канамидин 230
 Кандидин 247
 Каприловая кислота 145
 Каприновая кислота 145
 Капроновая кислота 41
 Карбазол 403
 Карбамид 29
 Карбамиласпарагиновая кислота 25
 Карбамилфосфат 62
 Карбамилхолинхлорид 25
 N- δ -Карбамоилорнитин 36
 Карбамоилфосфат 62
 Карбанилид 203
 Карбахол 25
 Карбинол 47
 Карбовакс 318
 Карбодимиды 326
 N-(3-Карбокси-2-гидроксипропил)-
 N,N,N-триметиламмонийгидроксид,
 внутренняя соль 26
 1-Карбокси-4 гидроксиклгексадиен
 2,5-пировиноградная 1 кислота 50
 4-Карбоксиглутаминовая кислота 25
 γ -Карбоксиглутаминовая кислота 25
 N-((S)-1-Карбоксиизопентил)карбамо-
 ил- α -(2-иминогексагидро-4(S)-
 пиримидил)-L глицил L-глутаминил
 L-аланинальдегид 274
 O-(Карбоксиметил)гидроксилатин 264
 N-Карбоксиметил-N,N,N-триметилаmmo-
 нийгидроксид, внутренняя соль 17

- 6-Карбоксиурацил 82
 о-Карбоксифенилфосфат 311
 [(S)-1-Карбокси-2-фенилэтил]карба-
 моил-L-аргинил-L-валиларгинин-
 альдегид 273
 N-[[[(S)-1-Карбокси-2-фенилэтил]кар-
 бамоил]-α-[2-иминогексаксид-
 ро-4(S)-пиримидил]-L-глицил-L-
 лейцилфенилаланинальдегид 274
 Карболовая кислота 51
 Карбомицин 233
 Карбонаты аммония, калия и натрия
 370, 371
 Карбонат висмута 383
 Карбонатные буферные растворы 367, 368
 Карбонилдиимидазол 446
 Карбонилцианидфенилгидразон 256
 Карбонилцианид-м-хлорофенилгидразон
 256
 N-Карбэтоксигистидин 324
 N-Карбэтоксиимидазол 324
 Кардиазол 286
 Кардиолипин 146
 Карлсона раствор (прямокрылые) 374
 Кармин 404
 Карнитин 26
 L-Карнозин 26
 Каротин 196
транс-γ-Каротин 196
 α-Каротин 196
 β-Каротин 196
 γ-Каротин 196
 δ-Каротин 196
 Карубиноза 131
 Касугамицин 227
 Катал 476
 Катехин 45
 Катехоламинтриацетат 388
 Кваманий 235
 Квасцы аммонийные и калиевые 371
 Кверцетин 382
 Квиновоза 134
 Кенига реакция 424
 Керазин 155
 α-Кетоадипиновая кислота 49
 β-Кетоадипиновая кислота 49
 4-Кетовалериановая кислота 270
 "Кетовалин" 49
 17-Кетогенная реакция 418
 α-Кетоглутаровая кислота 49
 2-Кето-D-глюконовая кислота 130
 5-Кето-D-глюконовая кислота 131
 2-Кето-L-гулоновая кислота 131
 - - 1,4-лактон 131
 2-Кето-3-дезоксигептоновая
 кислота 61
 2-Кето-3-дезоксиглюконовая
 кислота 62
 "Кетонзолейцин" 49
 "Кетолейцин" 49
 α-Кетомасляная кислота 49
 Кефалин 154
 Кинетин 205
 Кинуренин 26, 382
 Кинуреновая кислота 26
 Кислый виннокислый калий 41
 Кларка-Лабса буферные растворы 354,
 355, 357, 359, 365
 Клеланда реагент 317
 КМ-биогель А 438
 КМ-сефадексы 438
 КМ-сефароза CL-6В 438
 КМ-целлюлоза 436
 Коб(І)аламин 121
 Коб(ІІ)аламин 121
 Ковидарабин 219
 Коденн 287
 Кодекарбоксилаза 111
 Кокарбоксилаза 116
 Кокулин 287
 Коламин 37
 Колистин А 250

- Колистин В 250
 Колистины 249
 Коллидин 349, 370
 2,4,6-Коллидин 352, 361
 Колхицин 218
 Конго красный 372, 382
 Конгоцидин 221
 Конканавалин А 240
 Конъюгаты стероидные 418
 Копратопорфирин Шумма 182
 Копро I 183
 Копро III 183
 Копропорфирин I 183
 Копропорфирин III 183
 Копростанол 146
 Копростерин 146
 Копростерол 144
 Корамин 424, 425
 Кордицепин 219
 Коричная кислота, транс форма 45
 Коричный альдегид 421
 Кори эфир 59
 Кортизол 168
 Кортизон 168
 Кортикостероиды 414
 Кортикостерон 168
 Кортикотропины 27
 Кортикотрофин 27
 Кортланда раствор (форель) 374
 Коумермицин А₁ 219
 Кофеин 270
 - сульфат 270
 Кофермент А 106, 425
 - - ацильные соединения 100
 - - Li₃-соль 106
 Кофермент В₁₂ 106
 Кофермент F₄₂₀ 107
 Кофермент I 110
 Кофермент II 110
 Кофермент Q_n 117
 Кофермент R 101
 Кофермент М 107
 Коформицин 219
 Кошланда реагент 321
 Крахмал 406
 Креатин 27
 Креатинин 27
 Креатинфосфат 68
 Крезоловый красный 372
 м-Крезоловый пурпурный 372
 Криптогемокром а 177
 β-Криптоксантин 197
 Криптоксантол 197
 Криптопорфирин а, диметилловый эфир 18
 Кристаллический фиолетовый 331
 Кротоновая кислота, транс-форма 45
 Ксантин 77, 93
 Ксантогенат калия 338
 Ксантозин 93, 343
 Ксантозин-5'-трифосфат 94
 Ксантозин-5'-фосфат 94, 223
 Ксантоптерин 382
 Ксантофилл 197
 Ксилит 125
 Ксилобиоза 136
 D-Ксилогексулозоновая кислота 131
 L-Ксило-2-гексулозоновая кислота 131
 Ксилоза 396
 D Ксилоза 125
 UDP-Ксилоза 141
 α-D-Ксилозо-1-фосфат 141
 D-Ксилокетоза 125
 L Ксилокетоза 125
 4-О-β-D-Ксилопиранозил β-D-ксилоза 13
 Ксилулоза 396
 D-Ксилулоза 125
 d-Ксилулоза 125
 L-Ксилулоза 125
 D-Ксилулоза-5 фосфат 63
 Кумасси бриллиантовый синий 376, 466
 Кумасси синий 376
 Купраль 338

- Купрон 336
Купферрон 336
КЦФ 256
КЦХФ 256
Кюри 454
- Лазалоцид А 248
Лакмус 372
Лактаминовая кислота 127
Лактат натрия 477
Лактид 47
Лактобиоза 137
Лактоза 137, 396
Лактоиллактат 47
D-Лактоновая кислота 128
Лактофлавин 115
Ланоста-8,24-диен-3 β -ол 146
Ланостадиен-8,24-ол-3 β 146
Ланостерин 146
L-Лантионин 27
Ларгактил 260, 292
Лаурилдиметиламиноксид 236
N-Лаурилсаркозил, Na-соль 234
Лаурилсульфат натрия 234
Лауриновая кислота 146
Левамизолгидрохлорид 270
Левина модифицированная методика 463
Леводопа 23
Левулиновая кислота 270
Левулоза 133
Легала реагент 416
Лейкоагглютинин 241
Лейковорин 119
Са-Лейковорин 119
Лейкометиленовый синий 424
Лейпептины 273
L-Лейцилглицин 306
Лейцин 27, 341, 353, 389
L-Лейцинамидгидрохлорид 306
Лектин *Helix pomatia* 241
Лектин сои 241
Лектин пшеницы 240
Лектин чечевицы 241
Лектины 240, 451
Лепаргиловая кислота 142
Лептазол 286
Лецитин 153
Либермана-Бурхарда реакция 421
Лиганды 451, 452
– аминокислоты, пептиды и амины 451
– белки 451
– гидрофобные 452
– коферменты и витамины 451
– красители 452
– лектины 451
– нуклеотиды 451
– олиго- и полинуклеотиды 451
– углеводы 452
Лигноцерилсфингозин 146
Лигноцериновая кислота 146
– – метиловый эфир 146
Лизин 28, 341, 389
Лизинвазопрессин 18
Лизолецитин (β) 147
Лизоплазмалоген 149
Лизофосфатидилхолин 147
Ликопин 196
D-Ликситол 124
D-Ликсокетоза 125
L-Ликсокетоза 125
Лимонная кислота 46, 342, 352, 355, 370, 371
– – дигидрат тринатриевой соли 356
– – моногидрат 355
– – соли K, NH₄ и Na 46
Линдан 265
Линестренол 166
Линолевая кислота 143, 147
Линоленовая кислота 143, 147
Липовая кислота 107
 α -(+)-Липовая кислота 107
 β -Липотропин 37

- Лиссаминродамин В 326
 Литохолевая кислота 173
 Локка раствор (насекомые) 374
 – – сердце млекопитающих 374
 Лоури, Розенброу, Фарра и Рандалла
 методика 466
 Лоури-Фолина метод 466
 Лубролы РХ и WХ 237
 Лутеостерон 165
 Лизо-ФХ 147
 Лютеоза 138
 Лютеин 197
 Лютеин-5,6-эпоксид 197
 Лютеинэпоксид 197

 Магическое пятно I 78
 Магическое пятно II 78
 Макильвейна буферные растворы 355
 Макролиды 233
 Малеат натрия кислый 358
 ϵ -Малеиллизин 326
 Маленновая кислота 46, 343, 352, 358
 – – гидразид 205
 Маленновый ангидрид 326
 Малонил-CoA 107
 Малонил-S-CoA 107
 Малонилкофермент А 107
 Малоновая кислота 46, 343
 Мальтобиоза 137
 Мальтоза 137, 396
 Мальтоновая кислота 129
 Маннит 396
 D-Маннит 131
 D-Маннитол 131
 D-Манногептулоза 135
 Манноза 396
 D-Манноза 131
 GDP-Манноза 140
 NDP- α -D-Манноза 139
 D-Маннозамингидрохлорид 131
 α -D-Маннозилфосфат 63

 α -D-Маннозо-1-фосфат 63, 140
 Маннозо-6-фосфат 63
 L-Маннометилоза 134
 D-Маннооксогептоза 135
 Маннурон 132
 D-Маннурон 132
 D-Маннуриновая кислота 132
 – – 3-лактон 132
 Маргариновая кислота 143
 Марсилид 270
 n-Масляная кислота 46
 – – соли Ca и Na 46
 Масляный альдегид 46
 Мевалоновая кислота 47
 Мегестеролацетат 166
 Медроксипрогестерон 166
 Мезобиладиен(2' a, 5' b) 181
 Мезобилан-IX α 180
 Мезобиливердин 179
 Мезобиливиолин 181
 Мезобилин(b)-IX α 180
 – солянокислый 181
 Мезобилирубин 180
 Мезобилирубиноген 180
 Мезогемокром 177
 Мезоинозит 105
 Мезоксалилмочевина 282
 Мелампирин 128
 Мелатонин 17
 Мелибиоза 137, 396
 Менадиол 297
 Менадион 296
 Менафтон 296
 Менахинон 107, 296
 Менахинон-6 107
 Менахинон-7 107
 Мепакрин 252
 Меркалейкин 220
 Меркап 317
 2-Меркаптобензтиазол 270
 2-Меркапто-4-гидроксипиримидин 224

- 2-Меркаптогистидина бетаин 37
 6-Меркаптопурин 220
 Меркаптоуксусная кислота 318
 2-Меркаптоэтанол 317
 2-Меркаптоэтансульфоновая кислота 107
 2-Меркаптоэтиламин 35
 Меркурохром 380
 Местранол 163
 Метаарсенит натрия 256
 Метаналь 52
 Метанамин 28
 Метандростенолон 161
 Метановая кислота 48
 Метанол 47
 Метансульфонат 267
 Метапериодат натрия 397, 402
 Метаксалинхлорид 16
 5,10-Метенилтетрагидроптероилглутаминовая кислота 108
 Метенолон 161
 Метил-В₁₂ 109
 1-Метиладенин 89
 2-Метиладенин 89
 7-Метиладенин 89
 N⁶-Метиладенин 89
 1-Метиладенозин 90
 2-Метиладенозин 90
 N⁶-Метиладенозин 90
 Метил-3-(4-азидофенилдитио)пропионимидат 327
 10-Метилакридинийхлорида производное 222
 2-Метилаланин 246
 α-Метилаланин 14
 α-Метил-β-аланин 14
 N-Метиламидазол-5-аланин 28
 Метиламин 28, 353
 N Метиламинометан 24
 α-(1-Метиламиноэтил)бензиловый спирт 292
 17α-Метил-4-андростен-3-он-17β-ол 162
 17α-Метиландростен-4-он-3-ол-17β 162
 Метилацетимидат 327
 Метилбис(β-хлорэтил)амингидрохлорид 286
 3-Метилбутановая кислота 44
 6-(3-Метилбутен-2-иламино)пурин 204
 6-(3-Метилбутен-2-иламино) 9 β-D-рибофуранозилпурин 204
 4-Метил-3-бутенилгуанидинсульфат 258
 3-Метилбутен-2-ил-1-дифосфат 61
 3-Метилбутен-3-ил-1-пирофосфат 62
 Метилвиологен 203, 297
 α-Метилгалактозид 132
 β-Метилгалактозид 132
 α-Метил-D-галактопиранозид 132
 β-Метил-D-галактопиранозид 132
 4-Метилгексановой кислоты метиловый эфир 157
 14-Метилгептадекановой кислоты метиловый эфир 157
 6-Метилгептановой кислоты метиловый эфир 157
 17α-Метил-17β гидроксандростадиен-1,4-он-3 161
 17α-Метил-17β-гидроксандроста-1,4-диен-3-он 161
 γ-Метил-γ-гидрокси-α-кетоглутаровая кислота 271
 L-1-Метилгистидин 28
 L-3-Метилгистидин 28
 1-Метилгликоциамидин 27
 Метилгликоциамин 27
 Метилглиоксаль 47
 N-Метилглицин 31
 α-Метилглюкозид 132
 β-Метилглюкозид 132
 α-Метил-D-глюкопиранозид 132
 β-Метил-D-глюкопиранозид 132
 (α-Метилгуанидо)уксусная кислота 27
 1-Метилгуанин 91
 7-Метилгуанин 80, 92

- N²-Метилгуанин 91
 7-Метилгуанозин 81, 93
 7-Метилгуанозин-5'-монофосфат 228
 7-Метилгуанозин-5' трифосфат 93
 7-Метилгуанозин-5'-фосфат 93
 5-Метилдезоксцитидиловая кислота 81
 5-Метил-2'-дезоксцитидин 81, 98
 5-Метил-2' дезоксцитидин 5'-фосфат 81, 98
 8-Метилдекановой кислоты метиловый эфир 157
 4-Метил 1,2-димеркаптобензол 338
 10-Метилдодекановой кислоты метиловый эфир 157
 3,3'-Метиленбис(4-гидроксикумарин) 284
 Метиленбутандиовая кислота 45
 9,10-Метиленгексадекановая кислота 147
 Метиленовый синий 297, 331, 332, 376, 377, 419, 424
 5,10-Метилтетрагидроптероилглутаминовая кислота 108
 5,10-Метилтетрагидрофолиевая кислота 108
 N-Метиленфеназинийметилсульфат 303
 Метилеянтарная кислота 45
 5,10-Метилидинтетрагидрофолиевая кислота 108
 1-Метил-3-изобутилксантин 271
 O-Метилизомочевина 328
 5(4)-Метилимидазол 352
 1 Метилимидазол-4-аланин 28
 Метилкобаламин 109
 N⁶-Метил-L-лизин 28
 ε-C-Метиллизин 228
 ε-N-Метил-L лизин 28
 ω-Метиллизин 228
 2-Метилмалеиновый ангидрид 332
 Метилмалоновая кислота 47
 3-Метил-7-(3-метилбутиламино)пирозоло[4,3-d]пиримидин 206
 Метилметионинсульфонийбромид 28
 1-Метилмочевая кислота 270
 2-Метил-1,4-нафтохинон 296
 N-Метил-N'-нитро-N-нитрозогуанидин 22
 8-Метилнонановой кислоты метиловый эфир 157
 Метиловый желтый 372
 Метиловый красный 372, 380
 Метиловый оранжевый 372
 Метиловый спирт 47
 3-Метил-2-оксобутановая кислота 49
 3-Метил-2-оксопентановая кислота 49
 4-Метил-2-оксопентановая кислота 49
 ()-10 (D) Метилоктадекановая кислота 152
 6-Метилоктановая кислота 249
 - - метиловый эфир 157
 2-Метилпропандиовая кислота 47
 2-Метилпропановая кислота 45
 2-Метилпсевдомочевина 328
 Метилртуть 378
 10-Метилстеариновая кислота 152
 Метилтеобромин 270
 Метилтестостерон 162
 17α-Метилтестостерон 162
 5-Метилтетрагидроптероилглутаминовая кислота 109
 5-Метилтетрагидрофолат 109
 12 Метилтетрадекановой кислоты метиловый эфир 157
 Метилтио-β-D-галактозид 308
 Метил-1 тιο-β-D-галактопиранозид 308
 Метилтионинхлорид 297, 332
 8-Метилтокол 117
 O-Метилтреонин 228
 алло-O-Метилтреонин 228
 Метилтриенолон 172
 5-Метилтриптофан 228
 4-Метилумбеллиферил 2 ацетамид 2 дезокси β D-глюкопиранозид 308
 4-Метилумбеллиферил-2-ацетамидо-2-дезокси-β-D-галактопиранозид 308

- 4-Метилумбеллиферил-N-ацетил-β-D-галактозаминидин 308
- 4-Метилумбеллиферил-N-ацетил-β-D-глюкозаминидин 308
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-галактозид 308
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-галактопиранозид 308
- 4-Метилумбеллиферилгликозиды 308
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-глюкозид 308
- 4-Метилумбеллиферил-β-D-глюкозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-глюкопиранозид 308
- 4-Метилумбеллиферил-β-D-глюкопиранозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-β-D-глюкуронид 309
- 4-Метилумбеллиферил-β-D-ксилозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-β-D-ксилопиранозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-маниозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-α-D-маннопиранозид 309
- 4-Метилумбеллиферилловые эфиры [ацетат, бутират, элаидат (*транс*), гептаноат, нонаноат, олеат (*цис*), пальмитат, пропионат] 314
- 4-Метилумбеллиферилфосфат 311
- 4-Метилумбеллиферил-α-L-фукозид 309
- 4-Метилумбеллиферил-α-L-фукопиранозид 309
- 4-Метилумбеллиферон 311, 458
- 10-Метилундекановой кислоты метиловый эфир 157
- 5-Метилурацил 83
- 5-Метилуридин 96
- N-Метилфеназинийметилсульфат 303
- ([±])-α-Метилфенэтиламин 282
- Метилфеофорбид 193
- 2-Метил-3-фитил-1,4-иафтохинон 118
- 9-Метилфолиевая кислота 220
- Метилхолантрен 220
- Метилхолантренхоловая кислота 220
- 5-Метилцитидин 81, 98
- 5-Метилцитозин 81, 97
- N⁴-Метилцитозин 97
- 5-Метилцитозиндезоксирибозид 81
- 17α-Метилэстратриен-4,9,11-он-3-ол-17α 172
- Метионин 29, 341, 389
- Метионинметилсульфонийбромид 28
- Метионинсульфоксид 29, 325
- Метионинсульфон 29, 389
- Метирапон 201, 262
- Метоксатин 112
- 3-Метоксиизопреналин 285
- N-[2-(5-Метокси-1H-индол-3-ил)-этил]ацетамид 17
- 3-Метокси-19-нор-17α-прегнатиен-1,3,5(10)-ин-20-ол-17 163
- 3-Метокси-19-нор-17α-прегна-1,3,5(10)-триен-20-ин-17-ол 163
- o-Метоксифенол 294
- Метониевые соединения 286
- Метопирон 262
- Метотрексат 211, 451
- Метразол 286
- Метризамид 471
- Метризоевая кислота, 1-дезоксид-1-(метиламино)-D-глюцитовая (метилглюкаминная) соль 471
- Мехлорэтамингидрохлорид 286
- Миоинозит 105
- Миоинозитгексакисфосфорная кислота 63
- Миоинозитгексафосфат 63
- L-Миоинозит-1,4,5-трифосфат 63
- L-Миоинозит-1-фосфат 64
- Миоинозит-2-фосфат 64
- Миристиновая кислота 147
- Митомицин С 220
- Митомицины 220
- Митотан 262
- Митрамицин 225
- МК-6 107

- МК-7 107
- Молибдаты (аммония, натрия) 399, 411, 413
- Молибденовая кислота 404
- Молибденовый синий 407
- Молочная кислота 47, 343, 369
- – соли Li, Na и Zn 48
- DL-Молочная кислота обычная 47
- Монактии 249
- Моиеизин 249
- Моноацилглицерины 148
- Моногалактозилглицерин 143
- Моногалактозилдиглицерид 143
- Моноглицериды 148
- Моноидотирозин 25
- Моноксид углерода 257
- Моносиалоганглиозид 143
- Моноотноэтиленгликоль 317
- Монофосфониозитид 152
- Моноэтаноламин 370
- Монурон 261
- Морфактин 206
- Морфин 287
- метиловый эфир 287
- 3-(N-Морфолино)пропансульфоновая кислота 352
- Морфолинопропансульфоновая кислота 361
- 2-(N-Морфолино)этансульфоновая кислота 342, 352, 359
- Мочевая кислота 77, 426
- Мочевина 29, 239, 378, 400, 401, 423
- Мукоза 138
- цис,цис-Муконовая кислота 48
- Муравьиная кислота 343, 352, 370, 421, 474, 48
- – соли K, NH_4 и Na 49
- Мурамовая кислота 133
- Мурексид 336
- Мускарин 288
- Мустарген 286
- Мушикармин 404
- Мышьяковая кислота 352
- Мышьяковистая кислота 256, 405
- – Na-соль 256
- Мышьяковистый ангидрид 256
- L(+)-Мясомолочная кислота 47
- НАД 110
- НАД⁺ 110
- Надмуравьиная кислота 329
- НАДФ 110
- НАДФ⁺ 110
- Налидиксовая кислота 221
- Нандролон 162
- Натрий-ион 369
- Натрийфлуоресцеин 423
- Нафталам 206
- 1-Нафталиниуксусная кислота 206
- α -Нафтиламин 399
- β -Нафтиламин 399
- β -Нафтилацетат 314
- β -Нафтиллаурат 314
- 2-Нафтиловые эфиры 314
- β -Нафтиловые эфиры (ацетат, лаурат) 314
- Нафтилуксусная кислота 206
- α -Нафтилфосфат, кислая Na-соль 311
- N-1-Нафтилфаламиновая кислота 206
- N-(1-Нафтил)этилендиамин 385
- α -Нафтол 311, 393, 400
- β -Нафтол 314
- щелочной раствор 385
- Нафторезорцин 400, 419
- 1,2-Нафтохион-4-сульфонат 391
- β -Нафтохион-4-сульфонат 425
- Негамицин 228
- Нейтральный красный 372
- Нембутал 284
- Неомицин 230
- Неопиритиамин 272
- Неостигминбромид 271
- Неотетразолийхлорид 299

- Нервои 155
Нервоновая кислота 148
Нетропсин 221
Ниацин 110
Ниацинамид 109
Нигерицин 249
Никотин 287
– деметилированный 287
Никотиинамид 109, 424, 425
Никотинамидадениндинуклеотид 110
– восстановленный 104
– Li-соль 110
Никотинамидадениндинуклеотидфосфат 110
– восстановленный 104
– соли K и Na 110
Никотинамидмононуклеотид 110
Никотинамидриботид 110
Никотинмочевая кислота 424
Никотиновая кислота 110, 424
– амид 109
Нильский синий 379
Нильсона–Лохмана эфир 67
Нингидрин 380, 382, 386, 389, 393,
395, 404, 405, 407, 425
Нистатин 247
Нитогенин 236
Нитрат висмута 383
Нитрат серебра 396
– аммиачный раствор 384, 417
– щелочной раствор 410, 425
Нитрилтриуксусная кислота 338
НитроBT 300
n-Нитроанилин 402, 423
– diaзотированный 409
α-Нитрозо-β-нафтол 386, 391
N-Нитрозофенилгидроксиламина
аммонийная соль 336
Нитропруссид натрия 383, 393, 402
415, 416, 417, 425
Нитропруссидный реагент 425
Нитротиразин 329
5-Нитро-1,10-феиантролин 338
n-Нитрофенил-2-ацетиамидо-2-дезок-
си-β-D-глюкопиранозид 309
n-Нитрофенил-N-ацетил-β-D-глюкоз-
аминидин 309
o-Нитрофеил-β-D-галактозид 309
n-Нитрофеил-β-D-галактозид 310
o-Нитрофеил-β-D-галактопиранозид 309
n-Нитрофеил-β-D-галактопиранозид 310
o-Нитрофеил-β-D-глюкозид 309
n-Нитрофенил-α-D-глюкозид 310
n-Нитрофенил-β-D-глюкозид 310
o-Нитрофеил-β-D-глюкопиранозид 309
n-Нитрофенил-α-D-глюкопиранозид 310
n-Нитрофенил-β-D-глюкопиранозид 310
n-Нитрофениловые эфиры 315
n-Нитрофенилтимидин-3'-фосфат,
NH₄-соль 312
n-Нитрофенилтимидин-5'-фосфат,
Na-соль 312
n-Нитрофенилфосфат, Na₂-соль 313
n-Нитрофенол 312, 315
Нифегаль 309
Новобиоцин 222
– димер 219
Ноголамин 217
Нойберга эфир 69
цис,цис-Нонадекадиен-10,13-овой
кислоты метиловый эфир 158
n-Нонадекановой кислоты метиловый
эфир 158
цис,цис,цис-Нонадекатриен-7,10,13-
овой кислоты метиловый эфир 158
Ноактин 249
Ноандикислота 142
n-Нонановая кислота 149
– метиловый эфир 157
Ноидет P40 237
2-n-Нонил-4-гидроксихинолин-N-оксид
256
Норадреналин 29

- Норвалин 30
 Норгестрель 166
 Норлейцин 30, 229, 341
 Норникотин 287
 19-Нор-17 α -прегна-1,3,5(10)-триен-20-ин-3,17 β -диол 164
 19-Нор-17 α -прегнен-4-ин-20-диол-3 β ,17 167
 Норэпинефрин 29
 19-Нор-17 α -этинилтестостерон 167
 19-Норэтистерон 167
 – ацетат 167
 Норэфедрин 292
 Нуклеозиддифосфатсахар 139
 Нуклеозид-5'-дифосфосахар 139
 Нуклеозиддифосфосахара 139
 Нуклеозид-5'-(сахарпирофосфат) 139

 Обогащенная сыворотка по *Кребсу* 373
 ОБЭ 454
 'Огненные реакции 417
 Оксалат аммония 371
 Оксаминовая кислота 271, 453
 Оксамицин 280
 Оксаниловая кислота 400
 Оксид углерода 257
 Оксиметолон 162
 Оксин 336
 Оксинервон 155
 Окситетрациклин 230
 Окситиаминоклоридгидрохлорид 271
 Окситоцин 30
 Окситоциновый гормон 30
 8-Оксихиолин 336
 2-Оксадипиновая кислота 49
 3-Оксадипиновая кислота 49
 2-Оксобутандиовая кислота 53
 2-Оксобутановая кислота 49
 3-Оксобутановая кислота 39
 4-Оксобутановая кислота 55
 2-Оксогександиовая кислота 49
 3-Оксогександиовая кислота 49
 α -Оксогидрокоричная кислота 51
 17-(1-Оксо-2-гидроксиэтил)андростен-4-дион-3,11-ол-17 168
 17-(1-Оксо-2-гидроксиэтил)-4-андростен-3,11-дион-17-ол 168
 17 α -(1-Оксо-2-гидроксиэтил)андростен-4-он-3 168
 17 β -(1-Оксо-2-гидроксиэтил)-4-андростен-3-он-11 β -ол 168
 2-Оксоглутаровая кислота 49
 2-Оксо-D-глюконовая кислота 130
 5-Оксо-D-глюконовая кислота 131
 2-Оксо-L-гулоновая кислота 131
 2-Оксо-3-дезоксн-6-фосфоглюконовая кислота 62
 2-Оксоизовалериановая кислота 49
 2-Оксоизокапроиновая кислота 49
 18-Оксокортикостерон 167
 2-Оксо-L-ксилогексоза 133
 Оксолиновая кислота 222
 2-Оксомасляная кислота 49
 2-Оксо-3-метилвалериановая кислота 49
 2-Оксопентандиовая кислота 49
 4-Оксопентановая кислота 270
 5-Оксопирролидин-2-карбоновая кислота 31
 5-Оксопролин 31
 2-Оксопропаналь 47
 1-Оксопропан-1,2,3-трикарбоновая кислота 54
 2-Оксопропионовая кислота 49
 Оксородогемохрома эфир 177
 Оксоэтановая кислота 42
 7,8,11,12,12',11',8',7'-Октагидро-ликопин 195
цис,цис-Октадекадиен-9,12-овая кислота 147
 – – метиловый эфир 158
цис-9-*цис*-12-Октадекадиеновая кислота 147

- Октадекадиен-6,9-овой кислоты метиловый эфир 158
транс, транс-Октадекадиен-9,11-овой кислоты метиловый эфир 158
транс, транс-Октадекадиен-10,12-овой кислоты метиловый эфир 158
транс, цис-Октадекадиен-10,12-овой кислоты метиловый эфир 158
цис, транс-Октадекадиен-9,11-овой кислоты метиловый эфир 158
н-Октадеканаль 150
н-Октадекановая кислота 150
- метиловый эфир 158
Октадекатетраен-6,9,12,15-овой кислоты метиловый эфир 157
Октадекатриен-9,11,13-овая кислота 156
цис-9, *цис*-12, *цис*-15-Октадекатриено-
вая кислота 147
цис, цис, цис-Октадекатриен-9,12,15-
овая кислота 147
- метиловый эфир 157
транс, транс, транс-Октадекатри-
ен-9,11,13-овой кислоты метиловый эфир 158
цис, транс, транс-Октадекатри-
ен-9,11,13-овой кислоты метиловый эфир 157
цис, цис, цис-Октадекатриен-6,9,12-
овой кислоты метиловый эфир 157
11-Октадеценовая кислота 142
цис-9-Октадеценовая кислота 148
транс-Октадецен-4-овой кислоты метиловый эфир 158
транс-Октадецен-9-овой кислоты метиловый эфир 158
цис-Октадецен-4-овой кислоты метиловый эфир 158
цис-Октадецен-6-овой кислоты метиловый эфир 158
цис-Октадецен-9-овой кислоты метиловый эфир 158
цис-9-Октадеценол 148
н-Октановая кислота 145
- метиловый эфир 157
Октапептин A₁ 249
Октапептины 249
Октилглюкозид 236
Октил-β-D-глюкопиранозид 236
Олеиновая кислота 148, 257
Олеиновый спирт 148
Оливомицин 225
Олиго-dA 451
Олиго-dC 451
Олиго-dG 451
Олиго-dI 451
Олиго-dT 451
Олигомицин 252
Олигомицин В 257
Опорфирин 185
Ооциан 179
Оргаметрил 166
Орнитин 30, 342, 394
Оротидин 82, 94
Оротидин-5'-фосфат 82, 94
Оротовая кислота 82, 94
Ортомышьяковой кислоты Na-соль 257
Орцин 381, 400, 401, 407, 467
Орциновый метод 467
Осмиевая кислота 414
Осмия тетраоксид 380
Относительная биологическая
эффективность 454
Относительный атомный избыток 454
ПАБК 99
ПАБ целюлоза 435
ПАВ сульфобетаиновые 236
Пактамицин 229
Пальмитальдегид 148
Пальмитиловый спирт 155
Пальмитиновая кислота 148
Пальмитиновый альдегид 148

- Пальмитолеиновая кислота 149
 Паитетейн 111
 D(+)-Паитетейн-4'-фосфат 64
 N-(Паитотейн)-β-аминоэтантол 111
 Пантотеновая кислота 111, 425
 - Ca-соль 111
 Паракват 203, 297
 Параметазон 169
 Парапируват 271
 Парлодель 171
 Паули реактив 392, 405
 ПВП 472
 ПВП поперечно-сшитый 318
 Пектиноза 124
 Пеларгоновая кислота 149
 Пенициллин 265, 272
 - Na-соль 272
 Пеициллины G 272
 Пентадекаоновая кислота 149
 - метиловый эфир 157
 n-Пентадекаоновой кислоты метиловый эфир 157
 Пентаметилеидиамин 25
 1,5-Пентаметилентетразол 286
 1,5-Пентандиамин 25
 Пентаидиовая кислота 44
 Пентановая кислота 40
 n-Пентановой кислоты метиловый эфир 157
 Пентахлорид сурьмы 422, 423
 Пентахлорофенол 258
 Пентенилгуанидинсульфат 258
 Пентилентетразол 286
 Пентобарбитал 284
 Пентобарбитоинатрий 284
 Пентостатин 219
 Пентотал натрия 284
 D-трео-Пентулоза 125
 D-эритро-Пентулоза 126
 L-трео-Пентулоза 125
 D-трео-Пентулозо-5-фосфат 63
 D-эритро-Пентулозо-5-фосфат 65
 Пепстатин A 273
 Пепстатины 273
 Пептиды 394
 Периодат (калия, натрия) 403, 404, 407, 413
 Периодокупрат калия 402
 Перколл 472
 Перманганат калия 397, 420, 422
 - кислый раствор 398
 - щелочной раствор 397
 Пермуравьиная кислота 329
 Пероксид водорода 329
 Пероксимуравьиная кислота 329
 Пиколиновая кислота 30
 Пикрилсульфоновая кислота 330
 Пикрилхлорид 425
 Пикриновая кислота 400
 Пикротии 287
 Пикротоксин 287
 Пикротоксинин 287
 Пилокарпин 288
 Пимелиновая кислота 49
 Пиоцианин 299
 DL-Пипеколиновая кислота 31
 L-Пипеколиновая кислота 30
 Пиперазин 402
 Пиперазин-N,N'-бис(2-этансульфоновая кислота) 352
 Пиперидин 353
 Пиперидин-2-карбоновая кислота 30
 Пиперидиновая кислота 14
 Пипсилхлорид 325
 Пиразол 272
 N¹-2-Пиридилсульфаниламид 275
 Пиридин 343, 370
 Пиридин-2,3-дикарбоновая кислота 35
 Пиридин-2,6-дикарбоновая кислота 24
 Пиридин-2-карбоновая кислота 30
 Пиридин-3-карбоновая кислота 110
 Пиридин-3-сульфоновая кислота 272

- Пиридинферрогемохромы 177
 Пиридоксальгидрохлорид 111
 Пиридоксальфосфат 111, 328
 Пиридоксаль-5'-фосфат 111
 Пиридоксамин 343
 Пиридоксаминдигидрохлорид 112
 Пиридоксаминфосфат 112
 Пиридоксамин-5'-фосфат 112
 Пиридоксин 424
 Пиридоксингидрохлорид 112
 Приметамин 222
 N¹-2-Пиримидилсульфааниламид 275
 Пиритиаминбромидгидробромид 272
 Пирицидии А 251, 258
 Пировиноградная кислота 49, 343
 – соли Li и Na 50
 Пировиноградный альдегид 47
 Пирогалловая кислота 272
 Пирогаллол 272, 300
 Пироглутаминовая кислота 31
 Пирокатехин 45
 Пирокатехин-3,5-дисульфокислота 337
 Пирофосфат-анион 340
 Пирофосфомевалоновая кислота 61
 Пирофосфорная кислота 352, 353
 Пирролидин-2-карбоновая кислота 31
 L-2-Пирролидон-5-карбоновая кислота 31
 Пирролохинолинхинон 112
 Плазмалогены 149
 Пласдон 317
 Пластохиноны 113
 Плуроники 239
 Повидон 317
 Поларис 202
 Поли-гА 451
 Поли-гС 451
 Поли-гG 451
 Поли-гI 451
 Поли-гI·поли-гС 451
 Поли-гU 451
 Полиакрилгидразидагароза 450
 Поливинилпирролидон 472
 – нерастворимый 318
 – растворимый 317
 Поли-β-гидроксимасляная кислота 41
 Полиен амфотерный 247
 Поликлар АТ 318
 Поли-L-лизин 450
 Полимексины 249
 Полимер *n*-изооктилполиоксиэтилен-
 феиолформальдегидный 239
 Полимиксин В (сульфат) 250
 Полимиксин В₁ 249, 250
 Полимиксин В₂ 250
 Полимиксин Е₁ 250
 Полимиксин Е₂ 250
 Полиоксиэтиленалкилфеиолы 237
 Полиоксиэтилеинонилфеиол 238
 Полиоксиэтилен-*n*-(трет-октил)феиол 237
 С₅₅-Полипренолпирофосфат 66
 Полисорбаты 238
 Полифлоретинфосфат 272
 Полиэтиленгликоль 318
 Порфии 175
 Порфирин *a* 184
 Порфирии *αα* 184
 Порфирин *a*, *α*-форма 184
 Порфирин *aβ* 184
 Порфирии *Spirographis* 187
 Порфирин *Каммерера* 185
 Порфирин *Снаппера* 185
 Порфобилиноген 181
 10*α*-Прегнадиен-4,6-дион-3,20 166
 9*β*,10*α*-Прегиадиен-4,6-дион-3,20 166
 17*α*-Прегнаднен-2,4-ио-20-[2,3-*d*]-
 изоксазол-17 171
 17*α*-Прегиа-2,4-диен-20-ино[2,3-*d*]-
 изоксазол-17-ол 171
 Прегиадиен-1,4-трион-3,11,20-ди-
 ол-17*α*,21 170
 Прегнаидиол 165
 Прегнан-3*α*,20*α*-диол 165

- 5 β -Прегнандиол-3 α ,20 α 165
 5 β -Прегнан-3 α ,20 α -диол 165
 Прегнандион-11,20-триол-3 α ,17 α ,21 169
 Прегнанон-20-тетрол-3 α ,11 β ,17 α ,21 168
 Прегнан-3 α ,17 α ,21-триол-11,20-дион 169
 4-Прегнен-11 β ,21-диол-3,20-дион 168
 4-Прегнен-17 α ,21-диол-3,11,20-трион 168
 Прегнен-4-дион-3,20 165
 Прегнен-4-дион-3,20-диол-11 β ,21 168
 Прегнен-4-дион-3,20-ол-21 168
 Прегнен-4-дион-3,20-триол-11 β ,17 α ,21 168
 Прегненинолон 167
 4-Прегнен-21-ол-3,20-дион 168
 4-Прегнен-20 α -ол-3-он 164
 Прегненолон 165
 Прегненолон-16 α -карбонитрил 172
 Прегнен-4-он-3-ол-20 α 164
 Прегнен-5-он-20-ол-3 β 165
 4-Прегнен-11 β ,17 α ,21-триол-3,20-дион 168
 Прегнен-4-трион-3,11,20-диол-17 α ,21 168
 Преднизолон 170
 Преднизон 170
 Префеновая кислота 50
 - соль Ва 50
 Пробенецид 288
 Провитамин D₂ 122
 Провитамин D₃ 103
 Прогестерон 165
 Прогестин 165
 Прозерин 271
 Прокаин 288
 Про- γ -каротин 196
 L-Пролилглицин 307
 Пролин 31, 342, 389, 394
 Промгестон 172
 Пропаналь 50
 Пропандиовая кислота 46
 Пропановая кислота 50
 Пропанол-2 289
 Пропанон-2 39
 Пропантриол-1,2,3 43
 Пропен-2-овая кислота 38
 Пропен-1,2,3-трикарбоновая кислота 38
 Пропидийбромид 226
n-Пропиламин 353
n-Пропилгаллат 206
 6-Пропил-2-тиоурацил 288
 Пропилтиоурацил 288
 N-Пропионил(или ацетил)-L-лейцил L-лейцил-L-аргининальдегид 273
 Пропионилхолинхлорид 31
 Пропионовая кислота 50, 343
 - соли Ca, K и Na 50
 Пропионовый альдегид 50
 Пропранолол 289
 - (-)-изомер 289
 Просион красный HE 3B 452
 Простагландин A₁ 290
 Простагландин A₂ 290
 Простагландин E₁ 289
 Простагландин E₂ 289
 Простагландин F_{1 α} 290
 Простагландин F_{2 α} 290
 Простагландины 289
 Простигмин 271
 Протогем 188
 Протогемин IX 189
 Протогемохром 177
 Протокатеховая кислота 50
 Протопорфирин 9 185
 Протохлорофилл 191
 Профлавин 222
 Псевдоуридин 95
 Псевдоуридин C 83
 Псевдоуридин 3'-фосфат 96
 Псикофуранин 223
 6-Птеридилальдегид 274

- Птероевая кислота 113
 Птериоглутаминовая кислота 113, 344
 Птериол-L-глутаминовая кислота 113
 Птериолполиглютаматов производные 114
 Пуринтиол 220
 Пурамицин 229
 Пурпурат аммония 336
 Путресцин 31
 ПХМФС 279
 ПЭГ 236, 318
 ПЭИ-целлюлоза 435
- Рад 454 126
 Рамноза 396
 (d)TDP-Рамноза 140
 L-Рамноза 134
 L-Рамнозо-1,2-циклофосфат 140
 N-(α -L-Рамнопиранозилоксигидрок-
 сифосфинил)-L-лейцил-L-триптофан
 274
 Раффиноза 137, 396
 Рацемическая винная кислота 40
 Регитин 292
 Резерпин 290
 Резорцин 400
 Рентген 454
 Ретиналь, полный *транс*-изомер 114
 Ретиналь₂ 103
 Ретинальдегид 114
 Ретинен 114, 422
 Ретинен₂ 103
 Ретиноевая кислота, полный
 транс-изомер 114
 Ретинол, полный *транс*-изомер 114
 Рибит 126
 CDP-Рибит 141
 Рибитол 126
 D-Рибитол-5-фосфат 64
 L-Рибитол-1-фосфат 64
 D-Рибит-5-фосфат 141
 Рибит-1-фосфат 141
 Рибит-1,2-циклофосфат 141
 2-D-Рибодезоза 125
 Рибоза 396
 D-Рибоза 126
 Рибозид оротовой кислоты 82
 Рибозилзеатин 204
 5- β -D-Рибозилурацил 83
 5-Рибозилурацил 83, 95
 α -D-Рибозилфосфат 64
 Рибозо-1,5-дифосфат 64
 D-Рибозо-5-фосфат 65
 α -D-Рибозо-1-фосфат 64
 D-Рибокетоза 126
 D-Рибоновая кислота 126
 Рибофлавин 115, 344
 Рибофлавин-5-сульфат 274
 Рибофлавин-5'-фосфат 119
 9- β -D-Рибофуранозиладенин 72
 9- β -D-Рибофуранозилгипоксантин 76
 9- β -D-Рибофуранозилгуанин 77
 3- β -D-Рибофуранозилоротовая кислота 82
 3- β -D-Рибофуранозилурацил 84
 3- β -D-Рибофуранозилцитозин-5' ди-
 фосфат 86
 α -D-Рибофуранозо-1,5-дифосфат 64
 α -D-Рибофуранозо-1-пирофосфат-5-
 фосфат 68
 α -D-Рибофуранозо-1-фосфат 64
 Рibuлоза 396
 D-Рibuлоза 126
 Рibuлозо-1,5-дифосфат 65
 D-Рibuлозо-1,5-дифосфат 65
 D-Рibuлозо-5-фосфат 65
 Ризобитоксин 207
 Рингера растворы 373, 477
 - - амфибии 374
 - - бикарбонатный (в модификации
 Кребса-Хенселейта) 373
 - - в модификации *Кребса* 373
 - - сердце лягушки 374
 Рифампин 223

- Рифампицин 223
 Рифампицин В 223
 Рипин 241
 Рипинолевая кислота 150
 Рипиноленовая кислота 150
 Са(РНК) 344
 Mg(РНК) 344
 РНК 344
 – определение 467
 Роббина методика 405
 Робисона эфир 60
 Родамин В 379, 406
 Родамин 6G 406, 419
 D-Родеола 134
 L-Родеола 134
 Родизоновая кислота 380, 419, 425
 Родовиоласин 197
 Родомидины 217
 Розантин 402
 Розовая кислота 144
 Ротенон 251, 258
 Ртут соли 412
 Рубеиновая кислота 337
 Рубомидины 217
 Рутамидин 257
 Рутиневый красный 243
 Рутин 382
 Сакагути реакция 393
 Салицил-β-D-глюкопиранозид 310
 Салицилальдоксим 336
 Салицилгидроксамовая кислота 206, 253
 Салицилфосфат 311
 Салициловая кислота 311, 338, 371
 Салициловый альдегид 385, 421
 Салицилсульфоновая кислота 411
 Салицин 310
 Сапонин 414, 418
 Сапонин 236
 Саркозин 234
 Саркозин 31
 NDP-Сахар 139
 Сахар виноградный 129
 – древесный 125
 – мальтозный 137
 – молочный 137
 – тростниковый 138
 – фруктовый 133
 D-Сахарная кислота 129
 Сахароза 138, 468
 Сахароза-6'-фосфат 65
 Сахаролактон 275
 Сахаромолочная кислота 127
 Сбалансированные солевые растворы 374
 Связывания красителей метод 466
 Сегнетова соль 41
 Седогептулоза 135
 Седогептулозан 135
 D-Седогептулозо-1,7-дифосфат 65
 D-Седогептулозо-7-фосфат 66
 Секвестрол 339
 9,10-Секохолестатриен-5,7,10(19)-диол-3β,25 102
 9,10-Секохолестатриен-5,7,10(19)-ол-3β 120
 9,10-Секохолестатриен-5,7,10(19)-триол-1α,3β,25 104
 9,10-Секо(5Z,7E)холестатриен-5,7,10(19)-триол-1α,3β,25 171
 9,10-Секо(5Z,7E)-5,7,10(19)-холестатриен-1α,3β,25-триол 171
 Селенат калия 270
 Селенометионин 229
 Селехиловый спирт 144
 Семикарбазидгидрохлорид 381
 Семиноза 131
 Сервацеллы 434-436
 Серебра аннионный тиосульфатный комплекс 207
 Серебра нитрат 207
 Серебра соли 376
 Серебряный краситель 377

- Серин 31, 342, 353, 389
 D_s-Серин 31
 L_s-Серин 31
 Серинфосфат 66
 Серная кислота 406, 413, 420, 474
 Сероводород 258
 – Na-соль 259
 Серотонин 20
 Серпазил 290
 Серы дигидрид 258
 Сефадексы 440
 Сефакрилы 444
 Сефарозы 443
 Сиаловая кислота 127
 CMP-Сиаловая кислота 141
 Сиверт 454
 Силиковольфрамовая кислота 423
 Симазин 252
 Симмса раствор 374
 Синефунгин 275
 Синий Т 301
 Синий порошок из кожи 307
 Синильная кислота 261
 – – K-соль 261
 Синкалин 35
 Синкурин 286
 Сирогем 189
 Сирогидрохлорин 185
 Сирохлорин 185
 Ситостерин α_1 150
 Ситостерин β 150
 СИФ 32
 Сквален 150
 Слизовая кислота 127
 Снаппера порфирин 185
 Солевой эффект 348
 Солевые растворы 374
 Соляная кислота 370, 371, 403, 421, 474
 Соматостатин 32
 Соматотропингигибирующий фактор 32
 Сорбит 133, 396
 L-Сорбиноза 133
 D-Сорбитол 133
 Сорбоза 396
 L-Сорбоза 133
 L-Сорбуриновая кислота 131
 Спарсомицин 229
 Спенсера методика 464
 Спермидин 32
 Спермин 32
 Спинацен 150
 Спирамицин 233
 Спириллоксантин 197
 Спиронолактон 262
 (25R)-Спиростен-5-ол-3 β 236
 Спирты полиоксиэтиленовые 236
 Спонгоадеозин 213
 СП-Сефадексы 438
 СП-Сефароза CL-6B 438
 Сталлимицин 218
 Стандарты (первичные, вторичные) 350
 Станолон 160
 Стахиоза 138
 Стеариновая кислота 150
 Стеариновый альдегид 150
 Стеркобилин 181
 – солянокислый 182
 Стеркобилиноген 182
 Стерокс DJ 459
 V⁵-Стигмастен-3 β -ол 150
 Силомицин 229
 Стильбоэстрол 163, 256
 Стирилтетразолия хлорид 417
 Стрептоварицин 223
 Стрептомицин 230
 Стрептомицинсульфат 230
 Стрихнин 290
 G-Строфантин 244
 Судан черный 408
 Сузукациллин 246
 Суксаметонийбромид 286

- Сукцинил-СoA 115
 Сукцинил-S-CoA 115
 Сукцинилкофермент А 115
 Сукцинилхолин 286
 Сульфагуанидин 275
 Сульфадиазин 275
 Сульфадимезин 275
 Сульфамат аммония 423
 Сульфаниламид 275
 Сульфаниловая кислота 392
 – диазотированная 405, 409
 Сульфапиридин 275
 Сульфат аммония 371, 461, 463
 Сульфат-анион 340
 Сульфат железа(III) 402
 Сульфатиазол 275
 Сульфат кадмия 472
 Сульфат меди 404
 Сульфат церия 405
 Сульфат цинка 472
 Сульфид натрия 259
 3-Сульфино-L-аланин 36
 Сульфит натрия 271
 3-Сульфо-L-аланин 36
 Сульфобетаиновые ПАВ 235
 Сульфобетаины 235
 Сульфобромомфалеин-S-GSH 451
 Сульфоксилат натрия 298
 Сульфоксин 336
 Сульфородамин В 326
 n-Сульфобензилмеркуриохлорид 279
 Суперинон 239
 Супраренин 12
 Сурамин 276
 Сфинганин 144
 4-Сфингенин 151
 Сфингозин 151, 155
 Сфингозинсульфат 151
 Сфингомиелин 151
 Счет "по Черенкову" 457, 458
 СЭ-целлюлоза 436
 Тайрон 337
 Тамоксифен 263
 Тартроновый полуальдегид 51
 Таурин 32, 389
 Тауродезоксихолат 173
 Тауродезоксихолевой кислоты Na соль 234
 Таурохолевая кислота 173
 – Na-соль 234
 Твины 238
 ТГФК 115
 Теелин 163
 Теелол 163
 Теин 270
 Теноилтрифтороацетон 338
 2-Теноил-2-фураилметан 339
 Тенокс PG 206
 Теофиллин 276
 Терфталевый альдегид 392
 Террамицин 230, 344
 Тестостерон 161
 – ацетат 262
 Тетраацетат свинца 403, 418
 Тетрабромомфеноловый синий 372
 Тетрабутиламмонийбромид 344
 Тетрагидробиоптерин 101
 Тетрагидроборат натрия 328
 Тетрагидрокортизол 168
 Тетрагидрокортизон 169
 Тетрагидроксинадипиновая кислота 127
 1,2,3,4-Тетрагидроксипутан 124
 1,3,4,5-Тетрагидроксициклогексанкар-
 боновая кислота 52
 Тетрагидромезобилин(b)-IX α 181
 Тетрагидропиранилбензиладенин 207
 5,6,7,8-Тетрагидроптероилглутами-
 новая кислота 115
 Тетрагидроптероилглутаминовая
 кислота 115
 L(-)-2,3,5,6-Тетрагидро-6-фенил-
 имидазо[2,1-b]тиазол 270

- Тетрагидрофолиевая кислота 115
n-Тетрадекадиеновой кислоты
 метиловый эфир 157
n-Тетрадекановая кислота 147
 - метиловый эфир 157
 Тетрадекановой кислоты метиловый
 эфир 157
n-Тетрадекатриеновой кислоты
 метиловый эфир 157
n-Тетрадеценовой кислоты метиловый
 эфир 157
 Тетразолиевый нитросиний 300
 Тетразолиевый синий 301, 417
 Тетразолия соль 302
 Тетраодид платины 393
 3,5,3',5'-Тетраодотиронин 33
 1,3,5,7-Тетракарбоксиметил-2,4,6,8-
 тетра(2'-карбокси)этилпорфин 185
n-Тетракозановая кислота 146
цис-15-Тетракозеновая кислота 148
 Тетракор 286
 Тетраметиламмонийхлорид 345
 3,7,11,15-Тетраметилгексадекановая
 кислота 152
 1,3,5,8-Тетраметил-2,4-дивинил-6,7-
 ди(2'-карбокси)этилпорфин 185
 1,3,5,8-Тетраметил-6,7-ди(2'-кар-
 бокси)этилпорфин 182
 Тетраметилендиамин 31
 1,3,5,7-Тетраметил-2,4,6,8-тетра-
 (2'-карбокси)этилпорфин 183
 1,3,5,8-Тетраметил-2,4,6,7-тетра-
 (2'-карбокси)этилпорфин 183
 Тетраметилтионинхлорид 332
 2,3,5,6-Тетраметил-*n*-фенилендиамин 294
 N,N,N',N'-Тетраметил-*п*-фениленди-
 амин 301
 1,3,5,8-Тетраметил-2-формил-4-винил-
 6,7-ди(2'-карбокси)этилпорфин 187
 2,3,5,6-Тетраметилциклогексадиен-
 2,5-дион-1,4-тетраметил-*n*-бензо-
 хинон 295
 6',7',10,11-Тетраметоксиэтан 232
 Тетрамизол 270
 Тетранитрометан 329
 4,5,6,7-Тетрахлоро-2',4',5',7'-
 тетраиодофлуоресцеин 332
 4,5,6,7-Тетрахлоро-2-трифторометил-
 бензимидазол 259
 Тетраэтиламмонийхлорид 291
 Тетраэтилпирофосфат 276
 Тетраэтилтиурамдисульфид 264
 1,3,5,8-Тетракарбоксиметил-2,4,6,7-
 тетра(2'-карбокси)этилпорфин 186
 Тетродотоксин 244
 N¹-2-Тиазолилсульфаниламид 275
 Тиамин 424
 Тиамингидрохлорид 116
 Тиаминдифосфат 116
 Тиаминпирофосфат 116
 Тиаминхлоридгидрохлорид 116
Тизелиуса методика 463
Тиллманна реактив 426
 Тилоксапол 239
 3'-Тимидиловая кислота 83
 5'-Тимидиловая кислота 83
 Тимидин 82
 Тимидин-5'-дифосфо- α -D-глюкопира-
 ноза 140
 Тимидин-5'-дифосфо- β -L-рамноза 140
 Тимидин-5'-трифосфат 83
 Тимидин-3'-фосфат 83
 Тимин 83, 94
 Тиминдезоксирибозид 82
 Тиминдезоксирибозо-5'-трифосфат 83
 Тиминдезоксирибозо-3'-фосфат 83
 Тиминдезоксирибозо-5'-фосфат 83
 Тиминоза 125
 Тимоловый синий 372, 379
 Тимолфталени 372
 Тимолфталенифосфат, Na₂-соль 313

- Тиобарбитурат 404
 2-Тиобарбитурат натрия 403
 Тиогликолевая кислота 318
 - Na-соль 319
 6-Тиогуанин 224
 Тиокарбамид 339
 Тиолгистидинтриметилбетаин 37
 Тиометилгалактозид 308
 Тиомочевина 339
 Тионин 37
 Тиоктановая кислота 107
 Тиосульфат-анион 340
 Тиоурацил 224
 2-Тиоурацил 95
 2-Тиоуридин 96
 4-Тиоуридин 96
 Тиофентоннатрий 284
 Тиоцианат-анион 340
 2-Тиоцитидин 98
 Тиозаноламин 35
 Тиозил- α -D-глюкозид 310
 Тиозил- β -D-глюкозид 311
 Тирамин 32
 Тирода раствор (кишечник кролика) 374
 Тирозин 32, 342, 389, 391
 L-Тирозинэтилатгидрохлорид 307
 Тироксин 259, 405
 L-Тироксин 33
 Тирон 337
 Тироцидин 250
 Тироцидин А 250
 Тироцидин В 250
 ТЛХК 276
 L-(1-Тозиламидо-2-фенил)этилхлорометилкетон 277
 n-Тозил-L-аргининметилатгидрохлорид 307
 Тозиллизинхлорометилкетон 276
 Тозилфенилаланинхлорометилкетон 277
 Тойомицин 225
 α -Токоферилацетат 117
 Токоферол 117
 α -Токоферол 117
 β -Токоферол 117
 γ -Токоферол 117
 δ -Токоферол 117
 o-Толидин 391
 Толуидиновый синий 376, 404
 α -Толуиловая кислота 51
 Толуол-3,4-дитиол 338
 L-1-(n-Толуолсульфонил)амидо-2-фенилэтилхлорометилкетон 277
 α -N-Толуол-n-сульфонил-L-аргининметилатгидрохлорид 307
 α -Толуолсульфонилфторид 277
 n-Толуолсульфоновая кислота 409, 410
 Торазин 292
 α , α -Трегалоза 138
 Трезил 447
 D-Треоза 124
 D-Треозо-2,4-дифосфат 277
 Треонин 33, 389
 L-Треонин 33
 L-алло-Треонин 33
 Триалкилсвинец 259
 Триамциннолон 170
 Триацетин 315
 Триацилглицерин 151
 Трибутиловохлорид 259
 Трибутилэтиламмонийбромид 344
 Трибутирин 315
 1,2,3-Тригидроксibenзол 300
 2,4a,7-Тригидрокси-1-метил-8-метиленгипбен-3-карбон-1,10-овой кислоты 1,4-лактон 202
 11 β ,17 α ,21-Тригидроксипрегнадин-ен-1,4-дион-3,20 170
 11 β ,17 α ,21-Тригидрокси-1,4-прегнадин-ен-3,20-дион 170
 1,2,3-Тригидроксипропан 43
 2,6,8-Тригидроксипурин 77

- 3 α ,7 α ,12 α -Тригидроксихолаиновая кислота 173
- 3,4,5-Тригидроксициклогексен-1-карбоновая кислота 53
- 9 α ,11 α ,15(S)-Тригидрокси-5-*цис*,13-*транс*-простадиеновая кислота 290
- 9 α ,11 α ,15(S)-Тригидрокси-13-*транс*-простеновая кислота 290
- Тригидроксиэстрин 163
- Триглицерид 151
- Триглицин 305
- Тридекановой кислоты метиловый эфир 157
- n*-Тридекановой кислоты метиловый эфир 157
- Триен 339
- 2,3,5-Триидобензойная кислота 207
- 3,5,3'-Триидо-*L*-тиронин 33
- 2,7,9-Трикарбокси-1*H*-пирроло-[2,3-*f*]хинолин-4,5-дион 112
- Трилостан 262
- Триметиламин 33, 353, 370
- Триметиламиноксид 33
- γ -Триметил- β -гидроксипутиробетанин 26
- Триметилгидрохинон 301
- N²,N²,7-Триметилгуанозин 93
- Триметилдиамин 370
- транс*,*транс*-3,7,11-Триметилдодекатриен-2,6,10-ил-1-дифосфат 66
- 2,4,6-Триметилпиридин 361
- 5,7,8-Триметилтокол 117
- 4,4,14-Триметилхолестадиен-8,24-ол-3 β 146
- 4,4,14-Триметилхолеста-8,24-диен-3 β -ол 146
- 3,4,5-Триметоксибензоилметилрезерпат 290
- Триактин 249
- Тринитробензолсульфоновая кислота 330
- 1,2,3-Триоксibenзол 272
- Трипаранол 263
- Триптазаин 230
- Триптамин 34
- Триптофан 34, 342, 389, 392
- Трис 342, 370
- Трис(гидроксиметил)аминметан 353, 358, 363, 370
- Трис(гидроксиметил)метиламин 342
- N-((Трисгидроксиметил)метил)-2-аминотансульфоновая кислота 352
- N-((Трисгидроксиметил)метил)глицин 353, 362
- N-Трис(гидроксиметил)метилглицин 342
- N-((Трисгидроксиметил)метил)глицин 362
- Трискарбоксиметилэтилендиамин 453
- Тритоны 237-239, 459
- Тритосол 459
- Трифенилтетразолий 296
- Трифенилтетразолийхлорид 302, 398, 417
- 2,3,5-Трифенилтетразолийхлорид 302
- Трифосфат-анион 340
- Трифосфоинозитид 151
- Трифосфопиридиннуклеотид 110
- n*-Трифторометоксикарбонилцианид-фенилгидразон 260
- 4,4,4-Трифторо-1-(2-тиенил)-1,3-бутадион 338
- Трихлорид висмута 423
- Трихлорид сурьмы 421, 422, 423
- 2,3',6-Трихлороиндофенол 302
- 2,6,8-Трихлоропурин 277
- Трихлороуксусная кислота 371, 421, 473
- аниlid 400
- 2,3',6-Трихлорофенолиндофенол, Na-соль 302
- 2,4,5-Трихлорофеноксиуксусная кислота 204
- Трицин 342
- Триэтаноламин 344, 345, 349, 369, 370
- Триэтиламин 353
- Триэтилететрамин 339

- Тропеолин О 372
 Тропеолин ОО 372
 ТТС 302, 417
 ТТФБ 259
 ТТХ 398
 Туберкулостеариновая кислота 152
d-Тубокураринхлорид 291
 Тубокураринхлорид 291
 Тубулозин 232
 Туникамицин 277
 ТФТ 417
 ТФХК 277
 ТХУ 421
 ТЭА-хлорид 291
 ТЭАЭ-целлюлоза 435
 ТЭПФ 276

 Уабаин 244
 Убихиноны 117
 Углерода диоксид 370, 477
 Угольная кислота 352, 353
 Уксусная кислота 51, 343, 352, 357, 369, 370, 474
 - - соли К, NH_4 и Na 51
 Уксусный альдегид 422
 Уксусный ангидрид 330, 421
n-Ундекановой кислоты метиловый эфир 157
 Ундекапренилдифосфат 66
 Ундекапренолпирофосфат 66
 Уранилацетат 413
 Урацил 84, 95
 Урацил-6-карбоновая кислота 82
 Урацилрибозид 84
 5-Уреидогидантоин 13
 Урендоянтарная кислота 25
 Уретан 291
 2'-Уридиловая кислота 84
 3'-Уридиловая кислота 84
 5'-Уридиловая кислота 85
 Уридин 84, 95
 Уридин-5'-дифосфат 96
 Уридин-5'-дифосфо-2-ацетамидо-2-дезоксид- α -D-галактопираноза 140
 Уридин-5'-дифосфо-2-ацетамидо-2-дезоксид- α -D-глюкопираноза 140
 Уридин-5'-дифосфо- α -D-галактопираноза 140
 Уридин-5'-дифосфо- α -D-галактуронозная кислота 140
 Уридин-5'-дифосфо- α -D-глюкопираноза 139, 140
 Уридин-5'-дифосфо- α -D-глюкуронозная кислота 141
 Уридин-5'-дифосфо- α -D-ксилопираноза 141
 Уридин-5'-трифосфат 84, 96
 Уридин-2'-фосфат 84, 96
 Уридин-3'-фосфат 84, 96
 Уридин-5'-фосфат 85, 96
 Уринпорфирин 185
 Уро I 185
 Уро III 186
 Уробилин 180
 Уробилин-IX α 180
l-Уробилин 181
 Уробилиноген 180
l-Уробилиноген 182
 Уроген III 186
 Урографин 471
 Уроканиновая кислота 34
 Урокановая кислота 34
 Уропорфирин I 185
 Уропорфирин III 186
 Уропорфириноген III 186
 Урозолейна тест 384
 Уроспектрин 186
 Урсин 308
 Утеровердин 179
 УФ-свет 390, 392, 395, 397, 408, 412, 413, 414, 422, 423, 424, 425

- ФАД 344
 Фактор, тормозящий освобождение
 соматотропина 32
 Фарнезилдифосфат 66
 Фарнезилпирофосфат 66
Фельгена реакция 413
 Феназинметосульфат 295, 297, 303
 о-Фенантролин 259, 339, 426
 о-Фенантролингидрохлорид 426
 1,10-Фенантролин 259, 339
 1,10-Фенантролины 338
 Фенацилхлорид 279
 Фенетиловый спирт 224
 Фенилаланин 34, 342, 389, 393
 1-Фенил-2-аминопропан 282
 2-Фенил-5-(4-бифенилил)-1,3,4-окса-
 диазол 459
 Фенилгидразин 424
 Фенилгидразонмалононитрил 256
 Фенилглиоксаль 330
 м-Фенилендиамин 399
 о-Фенилендиамин 381, 403
 п-Фенилендиамин 304
 м-Фенилендиаминдигидрохлорид 399
 о-Фенилендиамингидрохлорид 403
 Фенилизотиоцианат 331, 395
 Фенилметансульфонилфторид 277
 l-1-Фенил-2-метиламинопропанол 292
 Фенилмолочная кислота 51
 Фенилмочевины 252
 Фениловые эфиры 315
 Фенилпантотенон 278
 N-Фенил-N'-(4-пиридил)мочевина 207
 Фенилпировиноградная кислота 51
 - - соль Na 51
транс-3-Фенилпропеновая кислота 45
 Фенил-β-D-тиогалактозид 278
 Фенилтиогидантоин 331
 Фенилтиогидантоины 394
 Фенилтиокарбамид 278
 Фенилтиокарбамоильные производные 331
 Фенилтиомочевина 278
 Фенилуксусная кислота 51
 Фенилуретан 259
 Фенилфосфат, Na₂-соль 313
 2-Фенилциклопропиламингидрохлорид 27
 2-Фенилэтанол 224
 Фенилэтилкарбамат 259
 Фенобарбитон 283
 Феноксibenзамин 291
 Фенол 51, 385
 Феноловый красный 372, 380, 416
 n-Фенолсульфонат натрия 416
 Фенолфталеин 313, 372
 Фенолфталеин β-D-глюкопиранозид-
 уронозная кислота 310
 Фенолфталеин-β-D глюкуронид 310
 Фенолфталеиндифосфат 313
 Фенолфталеинфосфат, Na₄ соль 313
 Фентиазин 453
 Фентоламин 292
 Феопорфирин c₁ 192
 Феопорфирин c₂ 193
 Феофитин a 191
 Феофитин b 192
 Феофорбид c₁ 192
 Феофорбид c₂ 193
 Феррипротогем IX 188
 Феррицианид калия 296, 387, 402,
 405, 410, 422, 423, 424
 Ферропротогем IX 188
 Ферропротопорфирин 188
 Феррохлорокрупорпорфирин 190
 Ферроцианид калия 384, 413
 Физетин 382
 Физический эквивалент рентгена 454
 Физостигмин 278
 Физостигмина сульфат 278
 Фиколл 400 471
 Фикоцианобилин 182
 Фикоэритробилин 182
 Филипины (I-IV) 250

- Филлохинон 118
 Фисцинт 459
 Фитановая кислота 152
 Фитиновая кислота 63
 Фитогемагглютинин 241
 Фитоин 195
 Фитофлуин 195
 ФИТЦ 331
 Фишера формулы 123
 ФКЦФ 260
 Флавиановая кислота 278
 Флавинадениндинуклеотид 118, 344
 – Mg -соль 118
 Флавиримононуклеотид 119, 344
 – Na -соль 119
 – – гидрат 119
 Флавоксантин 198
 ФЛИТЦ 331
 Флоретин 244
 Флоридцин 245
 Флорицин 245
 Флороглюцин 400, 401
 Флудрокортизон 170
 Флуокортолон 170
 Флуоксиместерон 162
 Флуорескамин 383, 390, 407
 Флуоресцеин 331
 Флуоресцеиндиацетат 315
 Флуоресцеинизотиоцианат 331
 Флуоресцирующие гидроксипроизводные 381
 ФМН 344
 ФМСФ 277
 Фолиевая кислота 113, 344
 Фолина реагент 391, 421, 425
 Фолина-Чокальтеу реагент 466
 Фолиновая кислота SF 119
 Фолликулин 163
 Формальдегид 52, 378
 Формальдегидогенная реакция 417
 Формамид 378
 2-Формамидо-N-рибозилацетамид-5'-фосфат 66
 N-Формилгидроксиминоуксусная кислота 225
 Формилглицинамидрибонуклеотид 66
 4-Формилдейтерогемоксром 177
 N'-Формилкинуруенин 26
 Формилпропионовая кислота 55
 5-Формилтетрагидроптероилглутаминовая кислота 119
 – – Са-соль 119
 10-Формилтетрагидроптероилглутаминовая кислота 120
 10-Формилтетрагидрофолиевая кислота 120
 N-Формимино-L-глутаминовая кислота 35
 Формицины 224
 Фосфат аммония двухзамещенный 371
 – – однозамещенный 371
 Фосфат-анион 340
 Фосфатидальсерин 149
 Фосфатидальхолин 149
 Фосфатидальэтаноламин 149
 Фосфатидилглицерин 152
 Фосфатидил-1-инозит 152
 1-Фосфатидилинозит-4-фосфат 145
 1-Фосфатидилмиоинозит-4,5-дифосфат 151
 Фосфатидилсерин 153
 Фосфатидилхолин 153
 3-sn-Фосфатидилхолин 153
 Фосфатидилэтаноламин 154
 Фосфатидная кислота 154
 L- α -Фосфатидная кислота 154
 Фосфат калия однозамещенный 371
 Фосфат натрия двухзамещенный 371
 – – однозамещенный 371
 Фосфатные буферные растворы 368
 3'-Фосфо-5' аденилилсульфат 73
 3'-Фосфоаденозин-5'-фосфосульфат 73
 Фосфоамидон 274
 Фосфоаргинин 66, 344

- 3-Фосфогидроксипировиноградная кислота 67
- Фосфогликолевая кислота 67
- Фосфоглицеральдегид 58
- 2-Фосфоглицериновая кислота 67, 344
- 3-Фосфоглицериновая кислота 67
- D(+)-2-Фосфоглицериновая кислота 67
- D(-)-3-Фосфоглицериновая кислота 67
- 6-Фосфоглюконовая кислота 67
- D-1-Фосфоглюкуроновая кислота 67
- O-Фосфогомосерин 60
- Фосфоенолпировиноградная кислота 68, 344
- Фосфокреатин 68, 344
- Фосфолипиды, эфиры 144
- Фосфомевалоновая кислота 68
- 5-Фосфомевалоновая кислота 68
- Фосфомолибдат 404
- Фосфон D 207
- (N-Фосфонометил)глицина изопропил-аммониевая соль 202
- Фосфопантетеин 64
- 4-Фосфопантетеин 64
- 4-Фосфопантотеновая кислота 68
- Фосфопировиноградная кислота 68
- Фосфорибозилдифосфат 68
- Фосфорибозилпирофосфат 68
- 5-Фосфорибозил-1-пирофосфат 68
- Фосфорная кислота 352, 353, 420, 474
- - эфиры 411
- Фосфорновольфрамная кислота 419, 423
- Фосфорномолибденовая кислота 384, 406, 419
- Фосфорномолибденовольфрамная кислота 421
- O-Фосфосерин 66
- Фосфохолин 70, 144
- 5-Фосфошкимовая кислота 69
- Фосфозаноламин 56, 144
- Фотоокисляющие красители 331
- C-Фрагмент 37
- Френозин 155
- Фруктоза 396
- D-Фруктоза 133
- D-Фруктозо-1,6-дифосфат 69
- D-Фруктозо-2,6-дифосфат 69
- D-Фруктозо-1-фосфат 69
- D-Фруктозо-6-фосфат 69
- Фруктуоновая кислота 130
- Фталат калия 355
- Фталевая кислота 352, 399
- o-Фталевый альдегид 393
- ФТГ 331
- ФТК-производные 331
- Фторид калия 231
- Фторид натрия 231, 271
- 9 α -Фторогидрокортизон 170
- 5-Фторо-2'-дезоксинуридин 225
- 5-Фтородезоксинуридин 225
- 9 α -Фторо-11 β ,17 β -дигидрокси-17 α -метиландростен-4-он-3 162
- 9 α -Фторо-11 β ,17 β -дигидрокси-17 α -метил-4-андростен-3-он 162
- 6 α -Фторо-11 β ,21-дигидрокси-16 α -метилпрегна-1,4-диен-3,20-дион 170
- 5-Фторо-2,4-дигидроксипиримидин 225
- 1-Фторо-2,4-динитробензол 323
- 9 α -Фторокортизол 170
- Фторолимонная кислота 279
- - Ва-соль 279
- 6 α -Фторо-16 α -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20-диол-11 β ,21 170
- 1-Фторо-2-оксоантарная кислота 279
- 9 α -Фторопрегнадиен-1,4-дион 3,20 тетраол-11 β ,16 α ,17 α ,21 170
- 9 α -Фторопрегнен-4-дион-3,20-триол-11 β ,17 α ,21 170
- 9 α -Фторо-11 β ,16 α ,17 α ,21-тетрагидроксид-1,4-прегнадиен-3,20-дион 170
- 6 α -Фторо 11 β ,17 α ,21-тригидрокси 16 α -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20 169

- 9-Фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 α -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20 169
- 9-Фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 α -метилпрегна-1,4-диен-3,20-дион 169
- 9-Фторо-11 β ,17,21-тригидрокси-16 β -метилпрегнадиен-1,4-дион-3,20 169
- 9 α -Фторо-11 β ,17 α ,21-тригидрокси-4-прегнен-3,20-дион 170
- 5-Фторотриптофан 231
- 6-Фторотриптофан 231
- Фтороуксусная кислота 278
- - Na-соль 278
- 5-Фтороурацил 225
- (-)-эритро-Фтороцитрат 279
- β -Фторощавелевоуксусная кислота 279
- Фузидиевая кислота 231
- Фузикоцин 250
- Фукоза 396
- D-Фукоза 134
- GDP-Фукоза 140
- L-Фукоза 134
- Фукоксантин 199
- Фумаровая кислота 52, 343, 352
- - соль Na 52
- Фунгихромин 247
- Фурандион-2,5 326
- Фуранкарбоновая кислота 352
- Фурно 309 276
- Фурта-Херманна реагент 381
- N⁶-Фурфуриладенин 205
- 6-Фурфуриламинопурин 205
- Ф-целлюлоза 436
- Хадацидин 225
- ХАПС 236
- Харден-Янга эфир 69
- Хардеропорфирин 187
- ХАФ 279
- Хелатон III 339
- Хелекс 100 432
- Хемихолинийбромид 245
- Хенкса раствор 374
- Хенодезоксихолевая кислота 173
- Хеуорса формулы 123
- Химилловый спирт 144
- Химостатин 274
- Хинакрин 252
- Хинин 260, 379, 411
- Хинная кислота 52
- Хинол 294
- Хинолиновая кислота 35
- 8-Хинолинол 336
- Хитобиоза 136
- Хитозамин 129
- ХИФК 260
- Хлор 391, 395
- Хлорамфеникол 231, 452
- Хлорид аммония 371
- Хлорид железа(III) 403, 405, 406, 410, 411, 422
- - подкисленный раствор 407
- Хлорид-ион 369
- Хлорид кобальта 384
- Хлорид олова 422
- Хлорид цезия 469
- Хлорид цинка 422
- Хлорин a_2 187
- Хлорины 177
- Хлормадион 167
- Хлормеквант 208
- Хлорная кислота 411, 413, 473, 474
- Хлорное железо 381, 384
- α -Хлороацетофенон 279
- ω -Хлороацетофенон 279
- m-Хлоробензгидроксомувая кислота 253
- 2-Хлоро-4,6-бис(этиламин)-симм триазин 252
- 4-Хлоро-2-бутирил N-(3-хлорофенил)карбамат 260
- Хлорогемин 189
- 6-Хлоро-17-гидрокси 1 α ,2 α -метилепрегнадиен-4,6-дион-3,20 263

- 2-Хлоро-9-гидроксифлуорен-9-кар-
боксилат 206
- Хлоро-ИФК 260
- Хлорокруорогемин 190
- Хлорокруоропорфирин 187
- n*-Хлоромеркуриобензойная кислота 266
- n*-(Хлоромеркурио)фенилсульфокислота
279
- Хлоромицетин 231
- N-(2-Хлоро-4-пиридил)-N'-(замещенный
или незамещенный фенил)мочевины 207
- (4-Хлоро-О-толил)оксиуксусная
кислота 204
- Хлоротрианизен 164
- Хлоротрис(*n*-метоксифенил)этилен 164
- 3-(*n*-Хлорофенил)-1,1-диметилмоче-
вина 261
- N-(4-Хлорофенил)-N',N'-диметилмо-
чевина 261
- Хлорофенилкарбаматы 255
- o*-Хлорофенолиндо-2,6-дихлорофенол 302
- Хлорофеноловый красный 372, 380
- Хлороферрипротопорфирин 189
- Хлорофилл *a* 190
- Хлорофилл *b* 191
- Хлорофилл *c*₁ 192
- Хлорофилл *c*₂ 192
- Хлорофилл *d* 193
- Хлорофиллид *a* 191
- Хлорофилл *c* из *Chlorobium* (660) 193
- Хлорофилл из *Chlorobium* (650) 194
- Хлорофлуурола метильное произ-
водное 206
- 5-Хлорофуран-2-карбоновая кислота 280
- Хлорохолинхлорид 208
- 2-Хлоро-4-этиламино-6-изопропиламин-
симм-триазин 252
- N-(2-Хлороэтил)-N-(1-метил-2-фен-
оксиэтил)безиламин 291
- (2-Хлороэтил)триметиламмонийхлорид 208
- 2-Хлороэтилфосфовая кислота 208
- Хлорпромазин 260, 292
- Хлорпрофам 260
- Хлортетрациклин 230
- Хлорфонийхлорид 207
- ХММ 261
- Ходаловая кислота 173
- 3-[(3-Холамидопропил)диметилаmmo-
ний]-1-пропансульфонат 236
- Холевая кислота 173, 452
- - Na-соль 234
- Холеиновые кислоты 173
- Холекальциферол 120
- Холестадиен-5,7-ол-3β 103
- Холеста-5,7-диен-3β-ол 103
- 5α-Холестанол-3β 144
- 5β-Холестанол-3β 146
- Холестанол 144
- Холестен-5-ол-3β 154
- Δ⁵-Холестен 3β-ол 154
- Холест-5-ен-3β-ол 154
- Холестерилгемисукцинат 452
- Холестерин 154, 414
- Холестериновые эфиры 154
- Холилглицин 172
- Хоиллтаурин 173
- Холии 35, 384
- цитидинфосфатное производное 35
- эфиры 384
- CDP-Холин 35
- Холинфосфат 70, 452
- Холинфосфорная кислота 70
- Хольцфретера* раствор (амфибии и
рыбы) 374
- Хомидийбромид 226
- Хондрозамингидрохлорид 128
- Хондрозин 138
- Хоризмовая кислота 52
- Хризантемаксантин 198
- Хромат серебра 412
- Хромомицин A₃ 225
- Хромотроповая кислота 337

- цАМФ 74
- Цветные реакции 423
- Цвиттергенты 236
- ЦГЭС 353
- Целлексы 434-436
- Целлобиоза 138, 396
- Целлоза 138
- ЕСТЕОЛА Целлюлоза 435
- Цепаксхлорид 235
- Цепринхлорид 235
- Церамидная группа 146
- Церамид-1-фосфохолин 151
- Цереброза 128
- Цереброзиды 155
- Цериловый спирт 155
- Церотин 155
- Церуленин 280
- Цетавлон 235
- Цетамоний 235
- Цетиламин 235
- Цетиловый спирт 155
- Цетилпиридинийхлорид 235
- Цетилтриметиламмонийбромид 235
- Цетримид 235
- Цефалоспорин С 280
- Цианид-анион 340
- Цианид калия 261, 413
- Циановодород 261
- Циановодородная кислота 261
- Цианокетон 262
- Цианокобаламин 121
- Цианокоб(III)аламин 121
- Цибакрон голубой F3G-A 452
- 2',3'-Цикло-АМР 73
- 2',3'-Цикло-СМР 87
- 2',3'-Цикло-ГМР 79
- 3',5'-Цикло-АМР 74
- 3',5'-Цикло ГМР 79
- Циклогександион-1,2 332
- 2-(Циклогексиламино)этансульфоновая кислота 353
- 1-Циклогексил-3-(2-морфолинил-4-этил)карбодимидметил-*n*-толуол-сульфонат 326
- Циклогексимид 232
- Циклолейцин 245
- α -Циклопропил- α -(*n*-метоксифенил) 5-пиримидинметанол 201
- Циклосерин 280
- Циммермана реакция 414
- Цинерубин 217
- Цинкофен 218
- Ципротерон 263
- Циркулин 249
- Цистамин 35
- Цистатионин 35
- алло-Цистатионин 35
- L-Цистатионин 35
- L-алло-Цистатионин 35
- Цистеамин 35, 319
- Цистеин 36, 319, 342, 389, 403
- Цистеингидрохлорид 413
- Цистеиновая кислота 389
- L-Цистеиновая кислота 36
- L-Цистеинсульфиновая кислота 36
- Цистин 36, 389
- мезо-Цистин 36
- Цистинамин 35
- Цитарабин 213
- 2'-Цитидиловая кислота 86
- 3'-Цитидиловая кислота 86
- 5'-Цитидиловая кислота 87
- Цитидин 86, 97
- Цитидин-5'-дифосфат 86, 98
- Цитидин-5'-дифосфатглицерин 43
- Цитидин-5'-дифосфатдиглицерид 155
- Цитидин-5'-дифосфорибит 141
- Цитидин-5'-дифосфохолин 35
- Цитидин-5' дифосфозаноламин 37
- Цитидин-5'-монофосфо N ацетил-нейраминовая кислота 141
- Цитидин-5'-(L-рибит-1-дифосфат) 141

- Цитидин-5'-трифосфат 86, 98
 Цитидин-2'-фосфат 86, 98
 Цитидин-3'-фосфат 86, 98
 Цитидин-5'-фосфат 87, 98
 Цитидин-5'-фосфо-N-ацетил-β-D-нейраминовая кислота 141
 Цитидин 2',3'-циклофосфат 87
 Цитогем 188
 Цитозин 87, 97
 Цитозинарабинозид 213
 Цитозин-β-D-арабинофуранозид 213
 Цитозин-β-D-арабинофуранозид-5'-трифосфат 213
 Цитозиндезоксирибозид 85
 Цитозиндезоксирибозо-5'-трифосфат 85
 Цитозиндезоксирибозо-3'-фосфат 85
 Цитозиндезоксирибозо-5'-фосфат 85
 Цитозинрибозид 86
 Цитопорфирин 184
 Цитохалазины 245
 ε-Цитракониллизин 327
 Цитраконовый ангидрид 332
 Цитрат натрия 356
 Цитроворный фактор 119
 Цитруллин 36
 ЦТАБ 235
 ЧАЭ-сефадексы 438
 ЧАЭ-целлюлоза 435
 Чепелла метод 477
 Чиновоза 134
 Шикимовая кислота 53
 Шиффа реагент 407, 413
 Шиффа реакция 402, 413, 415
 Шумма гематопорфиридин 185
 Шумма копратопорфирин 182
 Щавелевая кислота 53, 343, 352, 371
 Щавелевоуксусная кислота 53
 Щавелевоянтарная кислота 54
 Щелочная обработка 415
 Эгистерон 167
 ЭДТА 339
 Эзерин 278
 η-Эйкозановая кислота 142
 Эйкозапентаен 5,8,11,14,17-овой кислоты метиловый эфир 158
 Эйкозатетраен 5,8,11,14-овая кислота 142
 Эйкозатетраен-8,11,14,17-овой кислоты метиловый эфир 158
 Эйкозатриеновой кислоты метиловый эфир 158
 Элаидиновая кислота 148
 Эластиналь 274
 Электрокортин 167
 Электронвольт 454
 Элеостеариновая кислота (α или цис) 156
 Элеостеариновая кислота (β или транс) 156
 Элмана реагент 323
 Элоксантин 197
 Эмазол 4130 238
 Эметин 232
 α-Эндорфин 37
 β-Эндорфин 37
 γ-Эндорфин 37
 δ-Эндорфин 37
 Эндорфины 37
 [Leu⁵]-Энкефалин 37
 [Met⁵]-Энкефалин 37
 Энкефалины 37
 [D-Ala², Met⁵]-Энкефалинамид 37
 Эозин Y 331
 Эпиандростерон 161
 Эпинефрин 12
 D Эпирамноза 134
 Эпихлорогидрин 471
 5,8 Эпоксилитеин 198

- 2,3-Эпокси-4-оксододекадиен-7,10-амид 280
- Эргокальциферол 122
- Эргостерин 122
- Эргостерол 122
- L-Эрготионенин 37
- Эриохром черный Т 339
- Эритрит 124
- изо-Эритрит 124
- мезо-Эритрит 124
- D-Эритроза 124
- D-Эритрозо-4-фосфат 70
- β -Эритроидин 284
- Эритромицин 233
- Эркальциол 122
- Эрла раствор 374
- Эрлиха реагент 386, 387, 392
- Эруковая кислота (*цис* или *транс*) 156
- Эстрадиол-17 α 162
- Эстрадиол-17 β 163
- 17 β -Эстрадиол 163
- α -Эстрадиол 163
- β -Эстрадиол 162
- Эстрадиолгемисукцинат 452
- Эстратриен-1,3,5-диол-3,17 α 162
- 1,3,5-Эстратриен-3,17 α -диол 162
- Эстратриен-1,3,5-диол-3,17 β 163
- 1,3,5-Эстратриен-3,17 β -диол 163
- 1,3,5-Эстратриен-3-ол-17-он 163
- Эстратриен-1,3,5-он-17-ол-3 163
- Эстратриен-1,3,5-триол-3,16 α ,17 β 163
- 1,3,5-Эстратриен-3,16 α ,17 β -триол 163
- Эстрин 1633
- Эстрон 163
- Этамокситрифетол 262
- Этамонхлорид 291
- Этаналь 38
- Этанамид 16
- Этандиаль 42
- Этандиовая кислота 53
- Этандиол-1,2 54
- Этановая кислота 51
- Этановый ангидрид 330
- Этанол 54, 473
- Этаноламины 37, 353, 384, 389
- цитидинфосфатное производное 37
- 3-Этаноламины 352
- CDP-Этаноламин 37
- Этаноламинофосфорная кислота 56
- Этаноламинплазмалоген 149
- Этаноламинфосфат 452
- Этен 208
- 1-Этенилпирролидинона-2 полимеры 317
- Этефон 208
- Этидийбромид 226, 377
- Этиламин 353
- S-Этилгомоцистеин 233
- 1-Этил-1,4-дигидро-7-метил-4-оксо-1,8-нафтиридин-3-карбоновая кислота 221
- 1-Этил-3-(3-диметиламинопропил)карбодимидгидрохлорид 326
- Этилен 208
- Этиленгликоль 54
- Этилендиамин 339, 352, 353, 410
- Этилендиаминитетрауксусная кислота 339, 370
- - Na₂-соль 340
- (Этилендиокси)диэтилендинитрило-тетрауксусная кислота 340
- 1,1'-Этилен-2,2'-дипиридилийдибромид 203
- Этиленимин 333
- 5-Этил-5-изоамилбарбитурат натрия 251
- 5-Этил-5-изоамилбарбитуровая кислота 283
- Этилкарбамат 291
- Этилкарбанилат 259
- N-Этилмалеимид 281
- 5-Этил-5-(1-метилбутил)барбитуровой кислоты Na-соль 284

- 1-Этил-6,7-метилендиокси-4-хино-
лон-3-карбоновая кислота 222
N-Этилморфолин 344, 349, 352, 362
N-Этил- α -нафтиламин 385
Этиловый спирт 54
Этилтио- α -D-глюкозид 310
Этилтио- β -D-глюкозид 311
Этил-1-тио- α -D-глюкопиранозид 310
Этил-1-тио- β -D-глюкопиранозид 311
Этилхлорофиллид *a* 191
Этилхлорофиллид *b* 192
17 α -Этилэстрен-4-ол-17 β 162
17 α -Этилэстр-4-ен-17 β -ол 162
Этилэстренол 162
17 α -Этинил-4-андростен-17 β -ол-3-он 167
17 α -Этиниландростен-4-он-3-ол-17 β 167
17-Этинилтестостерон 167
Этинилэстрадиол 164
17 α -Этинилэстратриен-1,3,5(10)-
диол-3,17 β 164
17 α -Этинилэстра-1,3,5(10)-три-
ен-3,17 β -диол 164
- А 23187 246
ABA 201
ACES 342
ACh 17
ADA 342
ADA 352
Ado 72
ADP 72, 344
ADP- β -S 209
AG MP-1 428
AIA 282
AICA 14
Ala 13
AMO 1618 201
AMP 346
2'-AMP 72
3'-AMP 72
- 5'-AMP 73
AMP-PCP 212
AMP-PNP 212
AMP-S 212
AMPS 264
Ap₅A 213
APS 73
AraA 213
AraATP 213
AraC 213
AraCTP 213
A-rest 201
Arg 15
Asn 16
Asp 16
ATP 72, 344
ATP- γ -S 214
- 17 α -Этинилэстрен-4-ол-17 β 166
Этинодиол 167
Этионин 233
Этиохоланолон 161
Этокаин 288
Этоксимуравьиной кислоты ангидрид
268, 324
Эфедрин 292, 353
l-Эфедрин 292
Эфиры полиоксипропиленполиокси-
этиленовые 239
Эфиры полиоксиэтиленовые на основе
производных сорбита 238
- Яблочная кислота 54, 343, 352
Янтарная кислота 54, 343, 352, 357,
371
- - ангидрид 54, 333
- - соли K и Na 54
Янтарный ангидрид 54, 333
Янтарный полуальдегид 55
Янус зеленый В 295
- В-9 201
В-995 201
BA 201
BAL 316, 337
BDC 326
BES 342, 352
BICINE 353, 365
BSA 316
BT 301
Bu₂-cAMP 74
BuPBD 459
- CCC 208
CCCP 256
2',3'-cCMP 87
CCP 256
CDP 86, 346
Cepha 208
CFL 206
cGMP 79
2',3'-cGMP 79
CHAM 253
CHAPS 236
CHES 353
CIPC 260
CMC 326
CMP 346
2'-CMP 86
3'-CMP 86
- Ca(ADP)⁻ 345
Ca(ATP)²⁻ 345
2',3'-cAMP 73
3',5'-cAMP 74
CAP 231

- 5'-CMP 87
 CMU 261
 CoA 106
 Co(ADP)⁻ 344
 CoA·SH 106
 Co(ATP)²⁻ 344
 CoQ_n 117
 CP 149
 CTP 86, 346
 Cu(ATP)²⁻ 344
 Cys 36

 2,4-D 203
 DABS 323
 DAD 294
 dAMP 75
 dATP 74
 2,4-DB 204
 DBMIB 254
 DCCD 255
 dCMP 85
 DCMU 255
 DCPIP 294
 dCTP 85
 ddATP 218
 ddCTP 218
 o,p'-DDD 262
 ddGTP 218
 ddTTP 218
 DEP 268
 DES 256
 DFP 267
 dGMP 80
 dGTP 80
 diBu-cGMP 79
 DIDS 242
 DIECA 268
 DMA 320
 DMBQ 294
 DMQ 294
 DMS 320
- DNFB 323
 DON 217
 DPIP 294
 DPU 203
 DTBP 320
 DTE 317
 dTMP 83
 DTNB 323
 dTTP 83

 EDC 326
 EDTA 339, 370
 EGTA 340
 EL-531 201
 EP 149
 EPPS 352, 364
 Ery 233
 Ethrel 208

 F30 246
 FAD 118, 344
 (FAD)NaH 118
 FCCP 260
 FDP 69
 FITC 331
 FMN 119, 344
 (FMN)NaH 119
 (FMN)NaH·2H₂O 119

 GA3 202
 GDP 78, 346
 Gla 25
 Gln 22
 Glu 21
 Gly 21
 GMP 79, 346
 2'-GMP 78
 3'-GMP 79
 5'-GMP 79
 GMP-PCP 216
- GMP-PNP 216
 GSH 22
 GSSG 22
 GTP 78
 GTP-γ-S 216

 HEPES 342, 352, 363
 Hide powder blue 307
 His 21
 HMG 41
 HMG-CoA 451
 HNBB 321
 HOQNO 253
 HS-CoM 107
 5-HT 20
 Hyl 19
 Hyp 20

 i⁶A 204
 IAA 205
 i⁶Ade 204
 IBA 204
 ICI 46474 263
 IDP 76, 346
 5'-IDP 76
 Ile 24
 5'-IMP 77
 INT 296
 t-io⁶A 204
 t-io⁶Ade 204
 2iP 204
 IPA 204
 2iPA 204
 IPTG 308
 IT 3299 206
 IT 3456 206
 ITP 76, 346
 5'-ITP 76
- K(ADP)²⁻ 345
 K(ATP)³⁻ 345

 LDAO 236
 L-DOPA 23
 Leu 27
 Lys 28

 mCLAM 253
 MCPA 204
 MeNNG 220
 MER 25 262
 MER 29 263
 MERCAP 270
 MES 342, 352
 Met 29
 Mg(ADP)⁻ 344
 Mg(ATP)²⁻ 345
 m⁷G^{5'}p 228
 mIBM 253
 MIT 25
 MIX 271
 Mn(ADP)⁻ 345
 Mn(ATP)²⁻ 345
 MNG 220
 MOPS 352, 361
 MSI 78
 MSII 78

 NAA 206
 Na(ADP)²⁻ 345
 Na(ATP)³⁻ 345
 NAD 110
 NADH 104
 (NADH)Na₂ 104
 (NAD)LiH·2H₂O 110
 NADP 110
 NADPH 104
 (NADPH)Na₄ 105
 (NADP)KH₂ 110

- (NADP)Na₂H 110
 NADP⁺ 110
 NAD⁺ 110
 NAL 221
 NBS 320
 NC 5392 207
 NEM 281
 NeoT 299
 NG 220
 Ni(ATP)²⁻ 344
 NNG 220
 NPA 206
 NT 299
 NTG 220

 ONPG 309

 PAPS 73
 PAS 264
 PBA 207
 PBD 459
 PCMBs 279
 PEG 236, 318
 PGA₁ 290
 PGA₂ 290
 PGE₁ 289
 PGE₂ 289
- PGF_{1α} 289, 290
 PGF_{2α} 289, 290
 Phe 34
 PIPES 342
 PITC 331
 PMS 303
 PMSF 277
 Polaris 202
 POPOP 459
 ppGpp 78
 PPO 459
 pppGpp 78
 PQ-п 113
 Pro 31
 PVP 317

 Q-n 117

 RB 200 326
 RMI 12936 262
 Ro 207
 Roundup 202

 SADH 201
 SAM 12
 SD 8339 207
 SDS 234
- Ser 31
 SF 6847 255
 SITS 242
 SKF *trans*-385
 278
 SKF 525-A 268
 SN 390 252
 SP 149
 Sr(ADP)⁻ 344
 Sr(ATP)²⁻ 344
 SU 4885 262

 2,4,5-T 204
 T3 33
 T4 33
 α-TEG 310
 β-TEG 311
 TEPP 276
 TES 342, 352
 THE 168
 THF 169
 Thr 33
 TIBA 207
 TLCK 276
 TM 277
 TMG 308
- TMPD 301
 TPCK 277
 TPP 116
 Tricine 342,
 353, 362
 Tris 342
 Trp 34
 TTFB 259
 TTZ 302
 Tyr 32

 UDP 346
 UMP 346
 2'-UMP 84
 3'-UMP 84
 5'-UMP 85
 UTP 84

 Val 18

 X 537 A 248
 XMP 223

 Zn(ADP)⁻ 345
 Zn(ATP)²⁻ 344,
 345

ББК 28.072

С74

УДК 571.1

**С74 Справочник биохимика: Пер. с англ./Досон Р., Эллиот Д.,
Эллиот У., Джонс К.—М.: Мир, 1991.—544 с., ил.
ISBN 5-03-001032-7**

В книге ученых из Великобритании и Австралии собраны и систематизированы сведения, представляющие интерес практически для любой биохимической лаборатории, каждого биохимика, в какой бы области он ни специализировался. Она содержит данные о физико-химических и биологических свойствах биологически активных веществ, четко изложенные методические указания для проведения стандартных биохимических аналитических процедур.

Для специалистов в области биохимии, химии природных соединений, биоорганической и медицинской химии, молекулярной биологии, а также для студентов и аспирантов химических, биологических, медицинских вузов.

С $\frac{1903010000-429}{041(01)-89}$ 97-91

ББК 28.072

Редакция литературы по химии

**ISBN 5-03-001032-7 (русск.)
ISBN 0-19-855358-7 (англ.)**

© R. M. C. Dawson, D. C. Elliott, W. H. Elliott,
K. M. Jones, 1986. This book was originally
published in the English language by Oxford
University Press, Oxford, England
© перевод на русский язык, Д ца В. Л.,